



**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES
EXPERIMENTALS**

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

***Diseño de instalación solar fotovoltaica y
climatización mediante caldera de biomasa
en el museo de Ciencias Naturales “El
Carmen” de Onda***

AUTOR: Víctor Manel Merino Martin

DIRECTOR: Lluís Monjo Mur

FECHA: 17/07/2021

AGRADECIMIENTOS

A los que nunca dudaron de mí.

A ti que, aunque ya no estés, me sigues enseñando a progresar y a ser mejor persona.

A los que en algún momento dedicaron, aunque solo fuera un instante de su tiempo, en animarme y empujarme a seguir adelante.

A ti que fuiste luz cuando más tocaba y hasta el fin.

Y, sobre todo, a mi padre, madre y hermana a los cuales les debo quién soy.

RESUMEN

El museo de ciencias naturales de Onda es un icono de la evolución que ha experimentado el reino animal desde los siglos anteriores hasta la actualidad. Como edificio que muestra dicho progreso, sería paradójico que los sistemas que le suministran electricidad y calefacción no mostrasen también cierta evolución, en este caso tecnológica.

Con la consigna de utilizar fuentes de energía sostenibles y evolucionadas para los sistemas eléctrico y térmico se plantean las siguientes opciones. En primer lugar, se diseñará una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo conectada a red, que garantice un alto porcentaje de autosuficiencia en el suministro de energía eléctrica al museo, obteniendo así un ahorro en la factura de la luz y consiguiendo un payback bajo en comparación con la vida útil de esta instalación. Por otra parte, se plantea la sustitución del sistema actual de calefacción con caldera de fuel por otro mediante caldera de biomasa. Este cambio debe permitir un ahorro a medio plazo en los costes del combustible, así como la más que necesaria reducción de gases contaminantes procedentes de la combustión del fuel.

ABSTRACT

The Natural Science Museum “El Carmen” from Onda is the perfect example of how evolution always takes place through time. In this project the evolution will be technological.

With the aim of using sustainable and evolved energy sources for the electrical and thermal systems, the following options are proposed. Firstly, a solar photovoltaic installation for self-consumption connected to the grid will be designed to guarantee a high percentage of self-sufficiency in the supply of electrical energy to the museum, thus obtaining savings in the electricity bill and achieving a low payback in comparison with the life of this installation. On the other hand, it is proposed to replace the current heating system with a fuel oil boiler by a biomass boiler. This change should allow medium-term savings in fuel costs, as well as the more than necessary reduction of polluting gases from the combustion of fuel oil.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
I. MEMORIA	11
II. ANEXO 1: Cálculos	74
III. ANEXO 2: Fichas técnicas	79
IV. PLANOS	141
V. PLIEGO DE CONDICIONES.....	157
VI. PRESUPUESTO.....	169

I. MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA

1.1. Objeto del proyecto	13
1.2. Alcance del proyecto	13
1.3. Antecedentes	13
1.4. Situación y emplazamiento de la instalación	14
1.5. Descripción de la actividad del edificio	15
1.6. Normativa y disposiciones aplicables	15
1.7. Definiciones básicas.....	18
1.7.1. Instalación FV	18
1.7.2. Instalación de caldera de biomasa	24
1.8. Diseño de la instalación FV	24
1.8.1. Descripción general instalación FV.....	29
1.8.2. Módulos fotovoltaicos utilizados	30
1.8.3. Inversor utilizado.....	31
1.8.4. Aparato de inyección cero.....	32
1.8.5. Cableado.....	34
1.8.6. Protecciones.....	37
1.8.7. Puesta a tierra	42
1.8.8. Monitorización de la instalación	43
1.9. Estudio de viabilidad económica	44
1.10. Estudio de alternativas	46
1.10.1. Alternativa 1: Contribución energética del 80%	46
1.10.2. Alternativa 2: Instalación actual con baterías de litio.....	49
1.10.3. Alternativa 3: Contribución energética del 80% y batería de litio	52
1.10.4. Conclusiones al estudio de alternativas.....	54
1.11. Diseño de la instalación caldera biomasa.....	55
1.11.1. Requisitos técnicos iniciales.....	55
1.11.2. Definiciones previas	55
1.11.3. Instalación actual.....	59
1.11.4. Cálculo potencia térmica de la caldera.....	60
1.11.5. Elección caldera de biomasa	63
1.11.6. Componentes instalación caldera biomasa.....	65
1.11.7. Estudio económico instalación caldera de biomasa	68

1.1. Objeto del proyecto

El objeto principal de este documento es el diseño, dimensionamiento y desarrollo técnico de una instalación solar fotovoltaica y una instalación térmica de sustitución de caldera de gasóleo por caldera de biomasa o pellets.

1.2. Alcance del proyecto

Para lograr el objetivo que se marca al inicio del presente proyecto, se realiza un estudio minucioso tanto para la instalación FV como para la de biomasa que permite obtener los resultados más óptimos para el cliente.

En cuanto a la instalación FV se efectúa un análisis de la irradiación, también llamada HSP (Hora Solar Pico), que recibe la zona en la que se lleva a cabo el proyecto contando con las circunstancias especiales de este tipo de instalaciones que no son otras que el rendimiento de los equipos y aspectos como las sombras o la inclinación y dirección de los paneles.

La instalación de la caldera de biomasa requiere de un estudio de la demanda térmica del local, aunque como ya se ha comentado en el apartado anterior, se trata de una sustitución de una caldera de diésel por una de biomasa manteniendo así la instalación existente de radiadores. Aun así, resulta imperioso efectuar un estudio de la demanda térmica del museo para llevar a cabo una buena elección en cuanto al tipo y potencia de la caldera de biomasa a instalar.

1.3. Antecedentes

Históricamente la parcela que hoy en día funciona como museo formaba parte del Colegio de los Padres Carmelitas, hasta que en 1962 cuajó la idea de instaurar un museo que albergara los estudios y contenidos que los Padres Carmelitas habían ido atesorando durante muchos años. Anterior al hecho de plantearse convertir una parte del Convento en un museo se creó un gabinete en el año 1952 destinado a ocuparse de las clases de ciencias, física y química para los estudios superiores. En años posteriores se fueron realizando ampliaciones llegando incluso a duplicar la extensión existente por el momento en el 1957, año en el que el Convento se abrió al público. Esta decisión fue la semilla que originó años más tarde la idea de enseñar al público, que ya podía entrar al recinto, los estudios y sobre todo las especies que los Padres Carmelitas habían estado investigando.

Hoy en día El Museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda es uno de los edificios más emblemáticos de la localidad castellonense. Cuenta con muchos años de antigüedad y está regido por Joan que está convencido de que la eficiencia energética le puede reportar un beneficio futuro y personal económico además de colectivamente a nivel medioambiental. Este es el motivo por el que se inicia un contacto con la empresa Implica-T Desarrollo Sostenible, encargada de llevar a cabo la instalación, para que le asesoren en

MEMORIA

materia de ahorro energético y de las diversas posibilidades que se pueden plantear para hacer del museo un edificio más sostenible e independiente energéticamente.

1.4. Situación y emplazamiento de la instalación

El Museo de Onda está ubicado a las afueras de este municipio castellonense, en la carretera de Onda dirección Artesa y Tales. Como se ha comentado en el anterior apartado, el terreno del museo es colindante con el del Convento de los Padres Carmelitas ya que estos fueron los que establecieron junto a ellos este museo.

La instalación a realizar necesita de un espacio disponible relativamente grande, sobre todo en lo referente a la captación solar, cuanto más superficie mayor captación de energía y mayor generación de electricidad. Por ello, es idóneo el hecho de que el museo cuente con unos terrenos considerables detrás del edificio, en los que se puede instalar perfectamente la potencia pico necesaria.

En cuanto a la instalación de la caldera de biomasa, cabe destacar que no supone un gran problema ya que esta instalación trata únicamente de una sustitución de caldera de diésel por una más eficiente y ecológica de biomasa. Con lo cual hay varios elementos de la instalación anterior que se pueden aprovechar, uno de ellos es la caseta en la que se encuentra la caldera de diésel junto con el depósito. Esta cumple perfectamente con lo que marca el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (i.e. RITE) con lo cual no es necesaria la adecuación de este habitáculo para la nueva caldera.



Figura 1.1: Emplazamiento de las instalaciones (Fuente: Google Earth)

1.5. Descripción de la actividad del edificio

El museo cuenta con tres plantas dedicadas a las ciencias naturales, pero también otros aspectos como la materia, la formación del Universo y la evolución de nuestro planeta hasta formar la vida. El Museo es poseedor de una variedad extensa de especies. Entre ellas se pueden encontrar más de 2000 especies de mamíferos, aves, peces, reptiles, crustáceos y batracios expuestas, así como aproximadamente 5500 especies de invertebrados, 1500 tipos de plantas, 3500 minerales y más de 500 fósiles. Para los interesados en la anatomía el museo cuenta también con 50 piezas del cuerpo animal, así como otras tantas en la sección de Osteología.

Además de la exposición de especies, el museo también cuenta con una biblioteca y sala de exposiciones temporal, un aula de proyecciones y un aula con un aforo de 60 personas. En ellas se realizan charlas, proyecciones audiovisuales y clases especiales orientadas sobre todo a un público infantil, que por otra parte suele ser el más habitual en el Museo.

1.6. Normativa y disposiciones aplicables

Para el estudio y desarrollo del presente proyecto se ha tenido en cuenta el cumplimiento de las normativas y disposiciones siguientes:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. • Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Resolución de 4 de noviembre de 2002 de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se desarrolla la Orden de 9 de septiembre de 2002, de la Consejería de Ciencia, Tecnología, Industria y Comercio, por la que se adoptan medidas de normalización en la tramitación de expedientes en materia de Industria, Energía y Minas. (Suplemento BORM nº 284, de 10/12/2002).
- RD 1578/2008 de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología (B.O.E. nº 234 de 27 de septiembre).

MEMORIA

- Orden ITC/82/2009 de 30 de enero, por la que se pospone el cierre del plazo de presentación de solicitudes de instalaciones fotovoltaicas al registro de preasignación de retribución, establecido en el RD 1578/2008, de 26 de septiembre, publicado el día 31 de enero, número 27, página 10.431.
- Real Decreto 661/2007 de 26 de mayo por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Introduciendo particularidades que afectan a los procedimientos de autorización administrativa, régimen especial, acceso y conexión a la red de distribución, de las instalaciones solares fotovoltaicas. En el punto 1.5 se desarrolla en profundidad este real decreto, comentando los cambios sustanciales que él introduce en el sector fotovoltaico.
- Ley 48/1998 de 30 de diciembre sobre procedimientos de contratación en los sectores del agua, la energía, los transportes y las telecomunicaciones, por la que se incorporan al ordenamiento jurídico español las directivas 93/38 CEE y 92/13 CEE.
- Ley 54/97, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por Decreto 842/2002 de 2 de agosto, publicado en el BOE nº 224 del 18 de setiembre de 2002.
- Código Técnico de la Edificación: Seguridad Estructural: Bases de Cálculo y Acciones en la Edificación.
- Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo (L31/95).
- Instalaciones de enlace de Iberdrola. Cajas de protección y medida NI 42.72.00. • UNE-EN 60364 2014: Instalaciones eléctricas de baja tensión.
- UNE-EN 62052-11: Equipos de medida de la energía eléctrica (c.a.). Requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo. Parte 11: equipos de medida. • Normas UNE relacionadas con las instalaciones fotovoltaicas
- UNE-EN 9488 2001: Energía solar. Vocabulario (ISO 9488:1999)
- UNE-EN-60891 1994: Procedimiento corrección con la temperatura y la irradiancia de la característica I-V de dispositivos fotovoltaicos de silicio cristalino.
- UNE-EN 60904-1 2007: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 1: Medida de la característica intensidad tensión de los módulos fotovoltaicos.

MEMORIA

-
- UNE-EN 60904-2/A1 1998: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 2: Requisitos de células solares de referencia.
 - UNE-EN 60904-3 1994: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 3: Fundamentos de medida de dispositivos solares fotovoltaicos de uso terrestre con datos de irradiancia espectral de referencia.
 - UNE-EN 60904-5 1996: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 5: Determinación de la temperatura de la célula equivalente de dispositivos fotovoltaicos por el método de la tensión de circuito abierto.
 - UNE-EN 60904-6 1997: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 6: Requisitos para los módulos solares de referencia.
 - UNE-EN 60904-7 1999 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 7: Cálculo del error introducido por el desacoplo espectral en las medidas de un dispositivo fotovoltaico. • UNE-EN 60904-8 1999 Dispositivos fotovoltaicos. Parte 8: Medida de la respuesta espectral de un dispositivo fotovoltaico.
 - UNE-EN 60904-10 1999: Dispositivos fotovoltaicos. Parte 10: Métodos de medida de la linealidad.
 - UNE-EN 61173 1998: Protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía.
 - UNE-EN 61194 1997: Parámetros característicos de los sistemas fotovoltaicos autónomos
 - UNE-EN 61215 2006: Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino. Cualificación del diseño y aprobación del tipo
 - UNE-EN 61277 2000: Sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia. Generalidades y guía
 - Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, versión consolidada. Madrid, septiembre de 2013.
 - Norma UNE-EN 12831 Sistemas de calefacción en edificios.
 - Norma UNE-EN 303-5. Calderas de calefacción. Parte 5: calderas especiales para combustibles sólidos, de carga manual y automática y potencia útil nominal hasta 500 kW. Terminología, requisitos, ensayos y marcado. Comité técnico AEN/CTN 124 – Generadores y emisores de calor. Mayo de 2013.
 - Norma UNE-EN 442-2:1996. Radiadores y convectores. Parte 2: Métodos de ensayo y evaluación. Comité técnico AEN/CTN 124 Generadores y emisores de calor. Noviembre de 2015.

- Norma UNE 100152 IN. Climatización. Soportes de tuberías. Comité técnico AEN/CTN 100 Climatización. Noviembre de 2004.
- Norma UNE 100155. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión. Comité técnico AEN/CTN 100 Climatización. Noviembre de 2004.

1.7. Definiciones básicas

1.7.1. Instalación FV

1.7.1.1. *Principio de funcionamiento fotovoltaico*

La fotovoltaica es un tipo de energía que se obtiene gracias al efecto fotovoltaico que fue descubierto por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel en 1839. A pesar de que Becquerel fue el que descubrió este fenómeno, fue Charles Fritts, en 1883, el que consiguió llevar el efecto fotovoltaico a la práctica y obtener la energía en forma de electricidad que se produce de este. Esto lo hizo recubriendo selenio semiconductor con pan de oro, esto es, fabricando la primera célula solar de la historia.

El efecto fotovoltaico es un fenómeno que se produce gracias a la energía proveniente de la radiación solar y también a las propiedades físicas especiales de los materiales semiconductores. El principio físico de funcionamiento de una célula solar está basado en que cuando existe un semiconductor dopado, esto es, que se le ha añadido impurezas de otro metal o compuesto químico, y este es golpeado por radiación electromagnética, esta hace que se desprenda un electrón de la capa de valencia de los átomos impuros y crea lo que se denomina un par electrón-hueco. En un semiconductor dopado sin el apoyo de ningún elemento más el electrón encontraría otro hueco y la energía proporcionada se disiparía en forma de calor.

El objetivo de una célula fotovoltaica es hacer que ese par electrón-hueco no acabe recombinándose, sino que se fuerce a los electrones (carga negativa) hacia un lado y los huecos (carga positiva) hacia el otro. De este modo se crea en la célula FV una diferencia de potencial, esto es, una tensión que será la que hará fluir los electrones convirtiendo energía solar en energía eléctrica.

Para conseguir que los huecos avancen hacia un lado del material y los electrones al opuesto hay que crear un campo eléctrico continuo. Esto se genera gracias a dos capas de semiconductores dopadas una con huecos (*p*: positiva) y otra con electrones (*n*: negativa). Las redes cristalinas de estas dos capas presentan un carácter eléctrico neutro, pero globalmente una tiene menos electrones que una red de semiconductor puro y la otra más, respectivamente. Al unir estas dos capas ocurre que los electrones libres pasan a cubrir los huecos de la capa *p*, así existirá una carga positiva en la región *n*, debido a que se han perdido electrones, y una negativa en la capa *p* ya que no hay huecos. Este conjunto se denomina *Zona de Carga de Espacio* (ZCE). En definitiva, la ZCE es por definición un diodo debido al campo eléctrico que existe y que solo permite el flujo de electrones hacia un lado, de la capa *p* a la *n*.

MEMORIA

Para que la célula FV funcione necesita además de otros elementos aparte de los semiconductores dopados. Una capa protectora para la célula que deje pasar la luz del sol, así como una antirreflejante para aprovechar al máximo la luz y, por último, unos contactores de metal que permitan extraer los electrones.

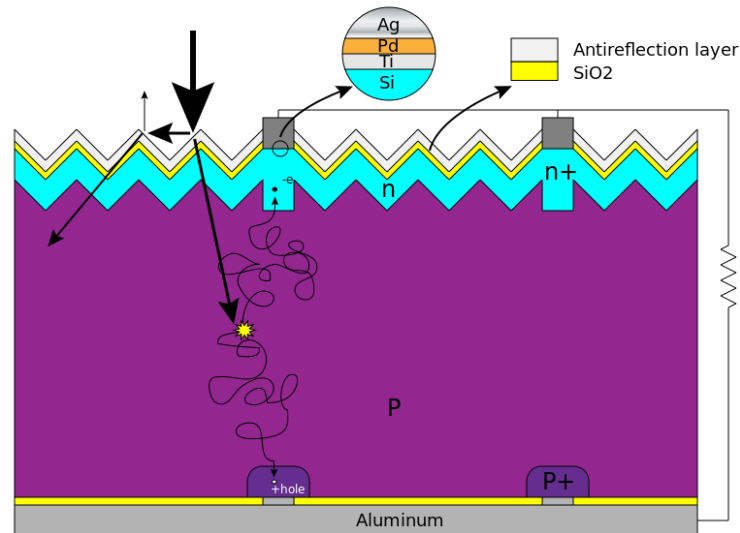


Figura 1.2: Capas p y n en Silicio (Fuente: https://nasa.fandom.com/wiki/Solar_cell)

1.7.1.2. Autoconsumo vs. Instalaciones aisladas

Una vez conocido el funcionamiento de una placa solar que no es más que el conjunto de muchas células solares. Es importante pasar a un nivel mayor de funcionamiento de la instalación. Para ello se explica a continuación como funciona una instalación FV de autoconsumo, así como otra de las variantes en la FV como son las aisladas.

Como ya se ha comentado en anteriores apartados, la instalación que es objeto de estudio para este proyecto estará conectada a la red eléctrica por lo que se le califica de autoconsumo. Las plantas solares de autoconsumo son características por la conjunción entre la obtención de energía solar FV y el abastecimiento mediante la red eléctrica convencional. Esto permite a este tipo de instalaciones garantizar un suministro continuo de electricidad y además contar con un ahorro en facturas de las distribuidoras ya que la energía eléctrica generada por las placas FV no necesita distribución, es autogenerada y por tanto es gratuita. Una de las grandes ventajas de este tipo de instalaciones es que se puede rentabilizar si se convierte esta instalación en una planta generadora de energía inyectable a la red eléctrica con lo que se pasaría de ser consumidores a generadores. En la actualidad en España el RD 900/2015 no prohíbe a las instalaciones de baja potencia o de Tipo I (<10 kWp) la inyección a la red, sin embargo, esta inyección supone una serie de gastos como el estudio de acceso y conexión que realiza la compañía eléctrica cuando se gestiona la solicitud del punto de conexión. Es por eso que muchos instaladores y clientes ven más viable y económica la opción de instalar un sistema anti vertido o de inyección cero a la red eléctrica que garantice que la

energía generada cuando en la vivienda no se está consumiendo sea cero o que si hay un exceso de producción con respecto al consumo, la producción se limite hasta cubrir lo demandado.

En contraposición a las instalaciones de autoconsumo se encuentran las instalaciones aisladas. Estas tienen la ventaja de aprovechar al máximo la energía generada por las placas ya que aquella que no es consumida instantáneamente se almacena en baterías. Durante muchos años las baterías en este tipo de instalaciones han sido el talón de Aquiles debido a su alto precio (es el elemento más caro de la instalación) y a su corta vida útil (hay que reemplazarlas cada 5-10 años, según el fabricante). Pero esta situación está cambiando con el paso del tiempo y la utilización de nuevas tecnologías de almacenamiento como el ion litio, que forma parte de muchos de los dispositivos electrónicos en la actualidad, baterías de metal-aire o el material del que tanto se espera: grafeno. Aunque en conjunto las instalaciones aisladas sean más caras, sobre todo debido al coste de las baterías, estas tienen varias ventajas con respecto al autoconsumo como es una independencia mayor sobre lo que se consume y se genera, un aprovechamiento del 100% de la energía generada y no estar sujeto a subidas inesperadas del precio de la electricidad impuesto por las distribuidoras.

1.7.1.3. Eficiencia de placas FV

En este apartado se explicarán los diferentes factores que afectan a la eficiencia de las placas de manera que cuando se realice el cálculo para este proyecto se tengan en cuenta.

En el ámbito comercial, las placas solares fotovoltaicas se clasifican en función de su potencia pico (Wp), que es la cantidad de energía que pueden producir en condiciones estándar (STC: irradiancia de 1000W/m², temperatura de la célula de 25°C y distribución espectral AM de 1,5G). Esta potencia pico es la que viene indicada en la ficha técnica del producto. Estas condiciones ideales solo se alcanzan en algunas ocasiones a lo largo de la vida útil del panel solar. No obstante, esta clasificación resulta muy útil para comparar diferentes marcas de paneles entre sí. Las potencias que están disponibles en el mercado van desde los 200W hasta los 350W. Cuanto mayor sea la clasificación de los paneles, más efectivos serán estos a la hora de producir energía. Cabe decir que existe la llamada tolerancia de potencia de salida de las placas que se refiere a que en el proceso de fabricación de los paneles puede haber alteraciones y no siempre la potencia que se indica en la ficha técnica es exacta, sino que puede variar normalmente del orden de +/- 5 %.

La eficiencia de las placas o su rendimiento es el cociente entre la energía que la placa capta de la radiación solar y la que acaba transformando en energía eléctrica. En la actualidad, la mayoría de las placas solares ya superan el rendimiento del 20%, esto es, convierten un 20% de la energía solar en energía eléctrica. En la Figura 4 se puede observar la evolución que se ha vivido en cuanto a la eficiencia de los módulos.

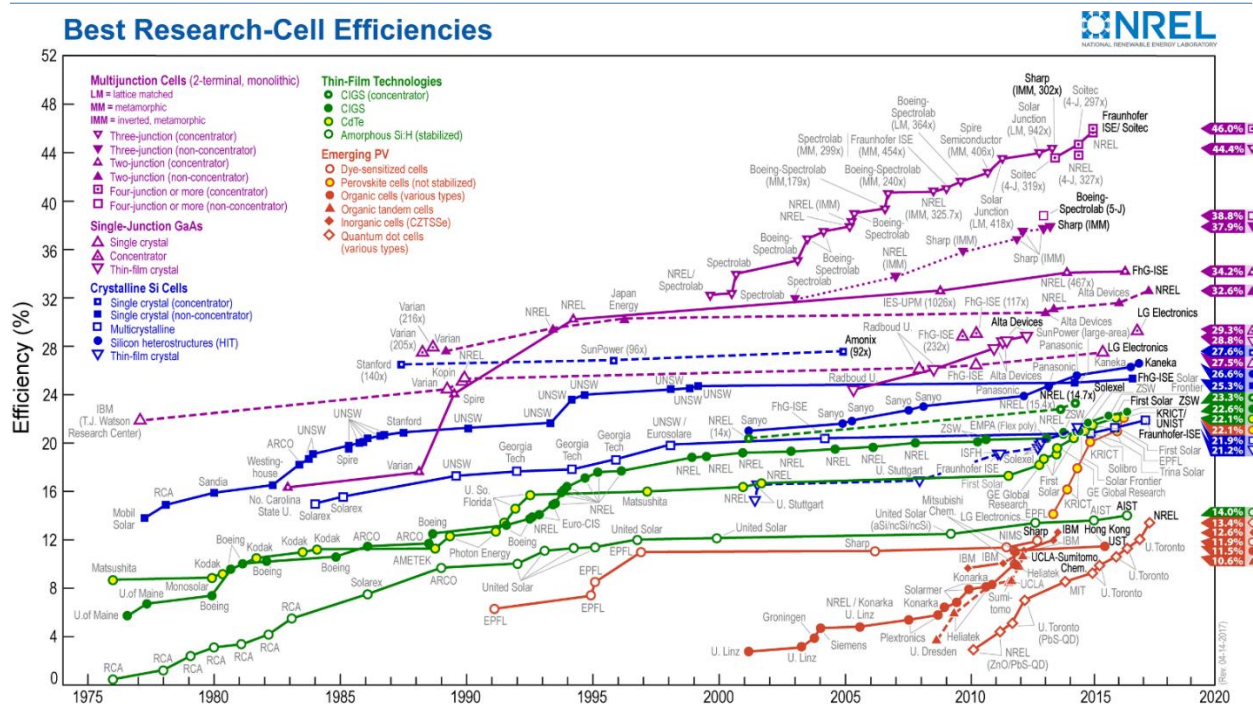


Figura 1.3: Cronología de las eficiencias de conversión logradas en células solares fotovoltaicas (Fuente: National Renewable Energy Laboratory de Estados Unidos)

Existen distintos factores que pueden alterar dicha eficiencia de los módulos y son muy importantes a la hora de realizar cálculos de este estilo.

Uno de estos factores es la temperatura. Este fenómeno es bien conocido por los técnicos instaladores de instalaciones fotovoltaicas, y es muy importante ya que según donde se lleve a cabo la instalación la temperatura que alcanzarán las placas será distinta y esto afectará a los cálculos de producción y también en el diseño de los componentes de la instalación. En relación a la temperatura, en las fichas técnicas de los módulos se expresan los valores de potencia pico (P_{max}), eficiencia (η), voltaje a potencia máxima (V_{mpp}), intensidad a potencia máxima (I_{mpp}), voltaje con circuito abierto (V_{oc}) e intensidad de cortocircuito (I_{sc}) en condiciones estándar de irradiancia, temperatura y distribución espectral de masa de aire, pero lo que también se recoge en estas fichas técnicas es el grado de alteración que produce a estos factores el cambio de temperatura. Normalmente suele venir expresado en $\%/^{\circ}C$ y con estos datos se puede calcular aproximadamente los valores reales que en el caso de la potencia serán menores si la temperatura es alta, así como también los voltajes, pero serán mayores los valores de intensidad de cortocircuito a mayor temperatura.

Otro de los factores importantes a tener en cuenta es la inclinación o altitud solar y orientación o azimut de los módulos. Es ampliamente conocido que en el hemisferio norte la mejor orientación de placas es directamente hacia el Sur, es decir a 180° Azimut, ya que de esta manera se garantiza una exposición constante desde los primeros rayos de sol hasta los últimos. Sin embargo, en cuanto a la inclinación hay

MEMORIA

más variables a tener en cuenta. Los módulos fotovoltaicos generan mayor energía eléctrica si los rayos de sol incidentes son lo más perpendiculares posible a la superficie de las placas, por este motivo es importante estudiar bien la inclinación a la que se van a instalar las placas. Es cierto que en ocasiones la inclinación va a estar limitada por el lugar donde se instalen los módulos, como es el caso de los tejados, pero aun así existen estructuras para tejados que ayudan a optimizar el rendimiento de las placas dándoles una inclinación determinada. Es muy importante cuando se estudia la colocación de los módulos en una instalación saber exactamente cómo va a ser el recorrido del sol en ese lugar, ya que de esta forma se podrá inclinar los módulos atendiendo a cuando van a recibir una mayor exposición a la radiación solar. El caso más extendido en las instalaciones fotovoltaicas es obtener una inclinación que permita obtener el máximo en invierno, pero también en verano, sin embargo, hay instalaciones que se realizan únicamente pensando en que solo existirá consumo de energía en una de las dos estaciones, o verano o invierno, puede ser el caso de una casa de vacaciones o un apartamento.

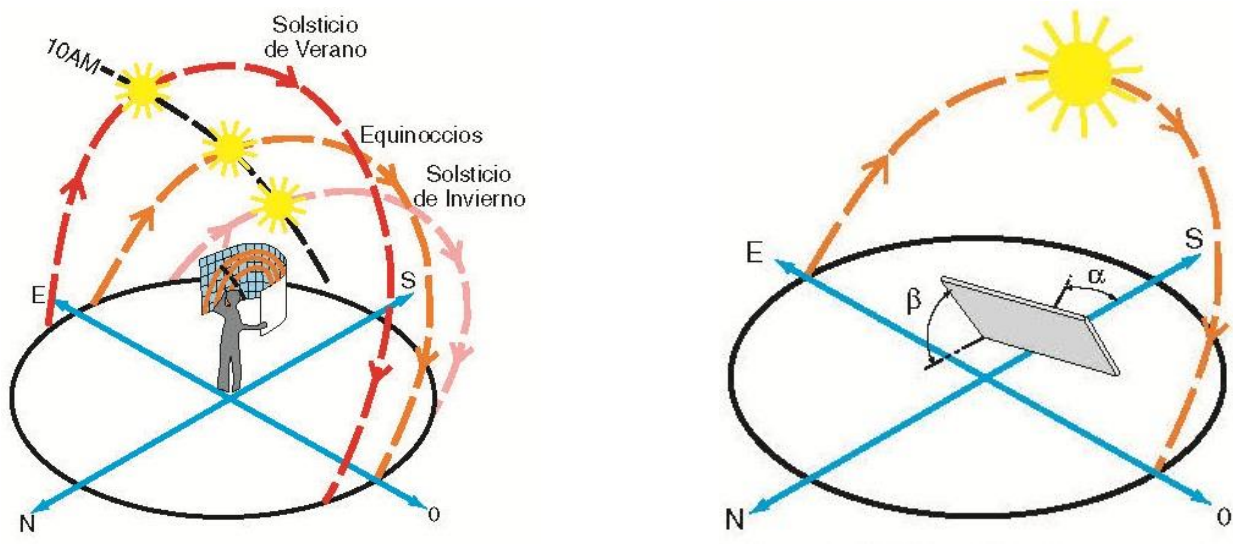


Figura 1.4: Representación gráfica grados Azimut e inclinación de módulo (Fuente: <http://solaraction.blogspot.com/2012/12/calculo-instalacion-fotovoltaica.html>)

Otro factor importante que puede afectar a la eficiencia de las placas son las sombras. Es esencial sobre todo en instalaciones con varias filas de módulos hacer el cálculo correcto de la distancia necesaria para que los paneles delanteros no hagan sombra a los traseros y así garantizar que cada una de las células de los paneles está en funcionamiento.

Los factores comentados hasta ahora son los más influyentes en el rendimiento del sistema FV, pero además de estos existen otros que, aunque en menor medida, también pueden afectar: el polvo depositado en los módulos, los daños en el encapsulado de los módulos, manchas, quemadura de células, disparo de diodos de bypass, mezcla de módulos con diferentes características o módulos con células internas de características diferentes, aumentos en resistencias serie y paralelo, etc.

1.7.1.4. Componentes esenciales en instalaciones FV

Las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo cuentan con algunos componentes primordiales para que la instalación cumpla con su objetivo final o para mejorar este objetivo. En las instalaciones aisladas de la red a estos componentes habrá que añadirle las baterías y el regulador de carga de estas baterías, aunque algunas marcas ya venden reguladores que son a la vez inversores.

Algunos de estos elementos destacados en las instalaciones de autoconsumo son:

- Módulo solar
- Inversor
- Cableado
- Estructura
- Cuadro eléctrico y equipo de medida

1.7.1.5. Autoconsumo con vertido cero

Una de las modalidades del autoconsumo FV es la del vertido cero. Esta hace referencia a que la energía generada que no es autoconsumida, es decir la excedente, no se vierte a la red.

Anteriormente se diferenciaban dos tipos de generación FV, las de tipo 1 y tipo 2. La diferencia entre ambas era que en la primera los excedentes no se vertían a red y en la segunda sí.

Actualmente rige el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. En este Real Decreto se diferencian las instalaciones con excedentes y sin excedentes, y en las instalaciones con excedentes añade dos subcategorías; con compensación y con venta de excedentes. Las instalaciones con compensación serán aquellas con potencia nominal instalada menor o igual a 100 kW, en ellas la compañía distribuidora compensará con descuentos en la factura de la luz por la generación de energía. Sin embargo, las instalaciones con excedentes y venta serán aquellas con una potencia nominal mayor a 100 kW de potencia nominal y en estas, la compañía distribuidora pagará por el vertido de energía a la red.

El tipo de instalación al que pertenece el presente proyecto es el de autoconsumo sin excedentes. Para llevar a cabo esta modalidad de instalación es necesario incluir en el proyecto un mecanismo antivertido el cual es definido en el Real Decreto 244/2019, del 5 de abril como un “*dispositivo o conjunto de dispositivos que impide en todo momento el vertido de energía eléctrica a la red. Además, estos dispositivos deberán cumplir con la normativa de calidad y seguridad industrial que le sea de aplicación y, en particular, en el caso de la baja tensión con, lo previsto en la ITC-BT-40*”. Este mecanismo se encarga de medir la energía

MEMORIA

que se está consumiendo en cada momento y ajustar la producción a este consumo para que no haya excedentes de generación.

Para el presente proyecto se eligió la modalidad de instalación sin excedentes porque fue ejecutado en 2015 cuando dar de alta una instalación con vertido a la red suponía una gran cantidad de burocracia y tiempo para su legalización tanto con los organismos locales como con la compañía distribuidora. Sin embargo, actualmente, estos trámites se han reducido considerablemente siendo en estos momentos más fácil realizar instalaciones con excedentes y compensación.

1.7.2. Instalación de caldera de biomasa

1.7.2.1. *Demanda térmica*

La demanda térmica de un edificio es la energía que necesita un edificio o construcción para satisfacer sus necesidades térmicas de calefacción, esto es, mantener una temperatura de confort que varía según el país en el que se realice el estudio o instalación. En el caso de España existe la norma UNE-EN ISO 7730:2006 que se centre en la determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.

En cualquier caso, la determinación de la temperatura de confort de un espacio depende de muchas variables tales como, época del año, tipo de edificio, humedad en el ambiente, tipo de actividad que se realiza en el espacio, cantidad de personas, vestimenta de estas personas, etc. Aun así, existe un rango de temperaturas que puede considerarse de confort en España que son:

- En verano → 24°C a 26°C
- En invierno → 21°C a 23°C

Como ya se ha indicado anteriormente, el nivel de confort dependerá de muchos factores, pero se considera que las temperaturas para verano e invierno nombradas facilitan ese confort térmico en cualquier espacio.

La demanda térmica es un parámetro que puede ser calculado por diferentes métodos ya que se trata de un cálculo energético en el que tener en cuenta la temperatura o energía térmica que hay que mantener en el espacio, las pérdidas energéticas que se producen por materiales de construcción o cerramientos y la temperatura exterior.

1.8. Diseño de la instalación FV

Este proyecto consta de dos partes bien diferenciadas, una es la del diseño de la instalación FV y la restante es la del diseño de instalación de caldera de biomasa. En este apartado se abarcará la primera parte.

MEMORIA

Existen varios métodos para diseñar una instalación fotovoltaica que permiten obtener datos de consumos, potencias pico, etc. Este es un paso previo a cualquier diseño de instalaciones FV y resulta esencial ya que de los datos de consumo obtenidos se realizarán los cálculos que determinarán tanto la cantidad de paneles solares requeridos como el dimensionamiento de los elementos eléctricos que acompañan a los paneles.

El más convencional no es otro que aprovechar las facturas de la compañía distribuidora, la cual está obligada a proporcionar datos de consumo específicos y resúmenes tanto mensuales como anuales, y obtener dichos consumos. Es importante que la factura cuente con un histórico de consumos que permita al ingeniero o ingeniera que vaya a diseñar la instalación futura de FV tener una perspectiva global cuantitativa de las exigencias energéticas del cliente. Esto nos permitirá aproximarnos lo máximo posible a la cantidad óptima de paneles solares que se van a necesitar para cubrir las demandas la mayor parte del tiempo.

Por supuesto, un método más fiable y preciso es el de instalar un analizador del consumo en el edificio en el que se quiera realizar la instalación durante un tiempo prolongado que puede ir desde una semana hasta un mes. Es importante que la obtención de datos de dicho analizador se realice en diferentes épocas del año ya que los consumos varían según estas. Este método de obtención de datos es el más recomendado a la hora de realizar un diseño de instalación FV ya que los datos obtenidos serán más fiables que los que puedan proporcionarte una distribuidora de electricidad privada. La mayor desventaja que tiene este procedimiento es que requiere un tiempo de análisis muy amplio y lo cierto es que en el ámbito profesional, los clientes quieren contar con propuestas de diseño a la mayor celeridad posible. Es por este motivo que se rechaza en la mayoría de casos obtener los datos de consumo a través de un analizador.

Como alternativa a los dos métodos de adquisición de datos de consumo mencionados, existe otro que se basa en contabilizar los consumos de cada electrodoméstico o elemento consumidor de energía eléctrica individualmente. Esto puede resultar más laborioso ya que existen algunos elementos como los de iluminación o la televisión por ejemplo que tienen consumos determinados y varían muy poco, por lo cual es fácil determinar el gasto energético si se saben las horas aproximadas de uso, sin embargo, hay otros consumos que son muy variables y dependen de la época del año y de componentes de los propios aparatos que no tienen consumos continuos. Entre estos consumos se encuentran, el calentador eléctrico, la nevera, el horno, el ordenador, el aire acondicionado, etc. Aunque en este caso lo que se va a diseñar no se trate de una vivienda que es donde más se pueden encontrar estos electrodomésticos, en el Museo de Onda también hay consumos variables y es por esto que este método de obtención de datos, aunque puede resultar útil en otros casos no lo es tanto en este.

Para este diseño se optó por estudiar las facturas de la distribuidora. Ya que el cliente contaba con facturas del año y del año anterior se hizo posible comprobar como había ido evolucionando el consumo en el Museo y la diferencia de este en cada estación del año.

MEMORIA

Una de las facturas de las que se han extraído los datos de consumo es la mostrada en la Figura 6. En esta se observa como el mayor consumo se produce en el mes de agosto. Esto puede deberse a que en estas fechas se producen una mayor afluencia de visitantes y por lo tanto se hace necesario acondicionar el museo con aires acondicionados y ventiladores, lo cual supone una ventaja en cuanto a aprovechamiento de la instalación ya que será en los meses de verano cuando más energía generará la instalación FV.



CONSUMOS

Nº contador	Periodo horario	Desde	Lectura	Hasta	Lectura	Consumo/Potencia
0000633262	Energía activa P1	29/10/2015	007116	26/11/2015	007138	22 kWh
0000633262	Energía activa P2	29/10/2015	013622	26/11/2015	013849	227 kWh
0000633262	Energía activa P3	29/10/2015	001426	26/11/2015	001468	42 kWh
0000633262	Energía activa P4	29/10/2015	006101	26/11/2015	006193	92 kWh
0000633262	Energía activa P5	29/10/2015	012218	26/11/2015	012570	352 kWh
0000633262	Energía activa P6	29/10/2015	000691	26/11/2015	000706	15 kWh
0000633262	Energía reactiva P1	29/10/2015	004648	26/11/2015	004648	0 kVarh
0000633262	Energía reactiva P2	29/10/2015	007337	26/11/2015	007420	83 kVarh
0000633262	Energía reactiva P3	29/10/2015	000000	26/11/2015	000000	0 kVarh
0000633262	Energía reactiva P4	29/10/2015	004814	26/11/2015	004870	56 kVarh
0000633262	Energía reactiva P5	29/10/2015	008468	26/11/2015	008710	242 kVarh
0000633262	Energía reactiva P6	29/10/2015	000000	26/11/2015	000000	0 kVarh
0000633262	Maxímetro P1	29/10/2015	000000	26/11/2015	000013	13 kW

Continúa en la página siguiente

Número de factura 20151127010132206

Página 3 / 3

Nº contador	Periodo horario	Desde	Lectura	Hasta	Lectura	Consumo/Potencia
0000633262	Maxímetro P2	29/10/2015	000000	26/11/2015	000014	14 kW
0000633262	Maxímetro P3	29/10/2015	000000	26/11/2015	000000	0 kW
0000633262	Maxímetro P4	29/10/2015	000000	26/11/2015	000013	13 kW
0000633262	Maxímetro P5	29/10/2015	000000	26/11/2015	000014	14 kW
0000633262	Maxímetro P6	29/10/2015	000000	26/11/2015	000000	0 kW

Última lectura: real

La lectura real es el valor leído por su distribuidor en su contador en la fecha indicada.

La lectura estimada es un valor que su distribuidor calcula tomando como base los consumos históricos y según una fórmula reglamentada por el Ministerio de Industria.

Figura 1.5: Factura mensual Museo El Carmen Onda (fuente: Museo El Carmen de Onda)

De estas facturas podemos extraer los datos de consumo en kWh con los que se construye la Tabla 1.

Fecha	Tipo medida	Consumo P1 (kWh)	Consumo P2 (kWh)	Consumo P3 (kWh)	Consumo total (kWh)
26/11/2015	REAL	114	579	57	750
29/10/2015	REAL	415	523	63	1.001
29/09/2015	REAL	497	670	75	1.242
28/08/2015	REAL	919	1.453	84	2.456
27/07/2015	REAL	532	838	82	1.452
26/06/2015	REAL	356	511	74	941
27/05/2015	REAL	406	427	63	896
29/04/2015	REAL	811	1.531	94	2.436
25/02/2015	REAL	80	636	29	745
02/02/2015	REAL	57	537	43	637
02/01/2015	REAL	105	707	50	862
	TOTAL	4.292	8.412	714	13.418

Tabla 1.1: Consumos por periodos y totales mensuales del Museo

Se observa que el mayor consumo se produce en el periodo llano. Como se observa en la figura 7 este periodo es el que cuenta con más horas de consumo y además estas horas son en las que se produce la mayor actividad energética.

Península Ibérica		
	Invierno	Verano
P1 - Punta	18 - 22 h.	11 - 15 h.
P2 - Llano	8 - 18 h.	8 - 11 h.
	22 - 24 h.	15 - 24 h.
P3 - Valle	0 - 8 h.	0 - 8 h.

MEMORIA

Figura 1.6: Distribución de horas de periodos de facturación punta, llano y valle (Fuente: <https://www.somenergia.coop/es/>)

Se observa que en el año 2015 la energía total consumida ha sido de 13.418 kWh. La idea principal de la empresa instaladora es conseguir un ahorro al año en la factura de un 60 % con lo que aproximadamente y redondeando a una cifra más exacta, la producción anual de la instalación FV ha de ser de 8000 kWh. Con este dato ya es posible empezar a dimensionar todos los componentes con los que contará dicha instalación. La empresa instaladora cuenta con un software de cálculo proporcionado por el fabricante de inversores Fronius, y lo han utilizado para realizar el cálculo de placas a instalar y su configuración, dando como resultado lo siguiente:

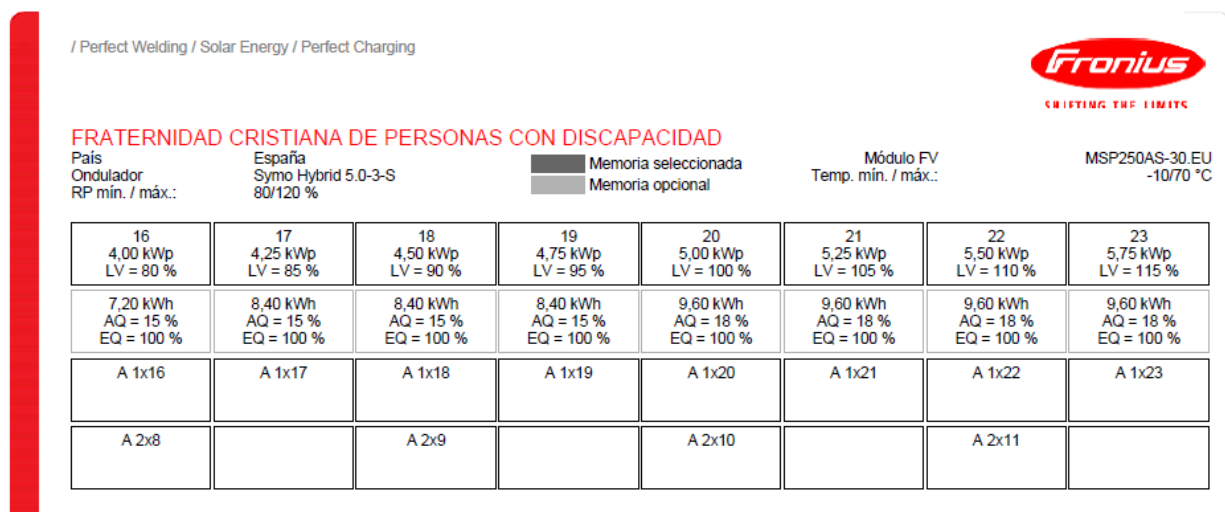


Figura 1.7: Simulación de configuración de la instalación FV (Fuente: <https://fronius.solarconfigurator.de/solar.configurator/Quick>)

El software de Fronius da una serie de posibilidades en las que difiere la potencia pico y la relación de potencia del inversor. Para dar estos resultados el software necesita que se le indique la placa fotovoltaica que se va a utilizar y el inversor. La empresa por experiencia y conveniencia ha seleccionado la placa München Solar de 250 W y el inversor Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S.

En este caso, observando los resultados de las distintas posibilidades que nos aporta el software la empresa decide inclinarse por la opción de 5.5 kWp de instalación por distintos motivos, entre los que se encuentra poder realizar la instalación con dos strings de 11 placas y además funcionar con una relación de potencia del 110%.

Los resultados más detallados se muestran en la Figura 9.

Solución de sistema Fronius	
Tipo de ondulador	Symo Hybrid 5.0-3-S
Relación de potencia mín. / máx.	80% / 120%
Resumen	
Relación de potencia	110%
Pmpp STC	5,50 kWp
MPPT A	2x11
MPPT A Detalles	
Cableado (fases. x mód.)	2 x 11
Corriente de cortocircuito STC	17,24 A
Tensión de MPP para 70°C	287,48 V
Tensión circuito abierto para -10°C	453,89 V
Tensión de MPP para	341,22 V
Pmpp para STC	5,50 kWp
Comportamiento de uso	En activo
Módulo FV	
Fabricante	München Solarenergie GmbH
Tipo	MSP250AS-30.EU
Temperatura de módulo mín. / máx.	-10°C / 70°C

Figura 1.8: Datos simulación elegida de configuración de la instalación FV (Fuente: <https://fronius.solarconfigurator.de/solar.configurator/Quick>)

Aun teniendo el dimensionamiento claro gracias al software de Fronius, se van a realizar los cálculos necesarios para demostrar que esta es la configuración y el dimensionamiento correcto, estos cálculos se encontraran en el “*Anexo I: Dimensionamiento instalación FV*”

1.8.1. Descripción general instalación FV

El proyecto actual consta, como se ha comentado en anteriores apartados con una instalación solar fotovoltaica de autoconsumo sin excedentes para el Museo del Carmen de la población de Onda, cuya potencia pico instalada es de **5,5 kWp** y la potencia nominal es de **5 kW**, la máxima potencia de salida que

MEMORIA

ofrece el único inversor presente en la instalación. El objetivo mínimo de generación eléctrica anual es de **8000 kWh**.

La instalación está compuesta por 22 módulos fotovoltaicos policristalinos de 250 W, instalados sobre una estructura situada en el terreno exterior propiedad del Museo a 30° de inclinación. Al inversor irán conectadas dos ramas o *strings* en paralelo de 11 módulos en serie cada una.

1.8.2. Módulos fotovoltaicos utilizados

La empresa instaladora se ha decantado por un módulo solar de la marca München Solar de 250 W de potencia.



Figura 1.9: Módulo München Solar Multikristallin MSP250AS-30 (Fuente: Ficha técnica módulo solar.)

Las principales características eléctricas del panel se muestran a continuación:

ELECTRICAL PERFORMANCE						
Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)						
Module Type	MSPxxxAS-30 (xxx=P _{max})					
Power output	P _{max}		240	245	250	
Power output tolerances	ΔP _{max}	%			0 / +3	
Module efficiency	η _m	%	14.75	15.06	15.37	
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	30.72	30.85	31.02	
Current at P _{max}	I _{mpp}	A	7.81	7.94	8.06	
Open circuit voltage	V _{oc}	V	36.60	36.91	36.99	
Short circuit current	I _{sc}	A	8.36	8.50	8.62	

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

Figura 1.10: Características eléctricas módulo München Solar Multikristallin MSP250AS-30 (Fuente: Ficha técnica módulo solar.)

1.8.3. Inversor utilizado

En cuanto al inversor utilizado se ha optado por un Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S, cuyas características eléctricas se muestran en la Figura 12.



Figura 1.11: Inversor Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S (Fuente: Google imágenes)

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO HYBRID ¹⁾			
DATOS DE ENTRADA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Máxima potencia CC	3.060 W	4.080 W	5.100 W
Rango de tensión MPP ($U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$) ¹⁾	200 - 800 V	255 - 800 V	320 - 800 V
DATOS DE SALIDA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	4.000 W	5.000 W
Acoplamiento a la red ($U_{ac,r}$)	3-NPE 400/230 V o 3-NPE 380/220 V		
DATOS GENERALES	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm		
Tipo de protección	IP 65		
Concepto de inversor	Sin Transformador		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Funcionamiento en isla	Sí		
Tiempo de transición a la función de emergencia	5 segundos		
RENDIMIENTO	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Rendimiento europeo (FV- red)	95,2 %	95,7 %	96,0 %
Rendimiento máximo del sistema (FV – Batería – red)	> 85,0 %		
INTERFACES	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web / Fronius Solar.web App		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Interface de la batería	Modbus RTU (RS485)		

Figura 1.12: Características técnicas inversor Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S (Fuente: Ficha técnica inversor)

Este tipo de inversor es óptimo para añadir a la instalación baterías, aunque en este caso no se va a utilizar de esta forma.

El esquema de conexión se representa en la siguiente figura:

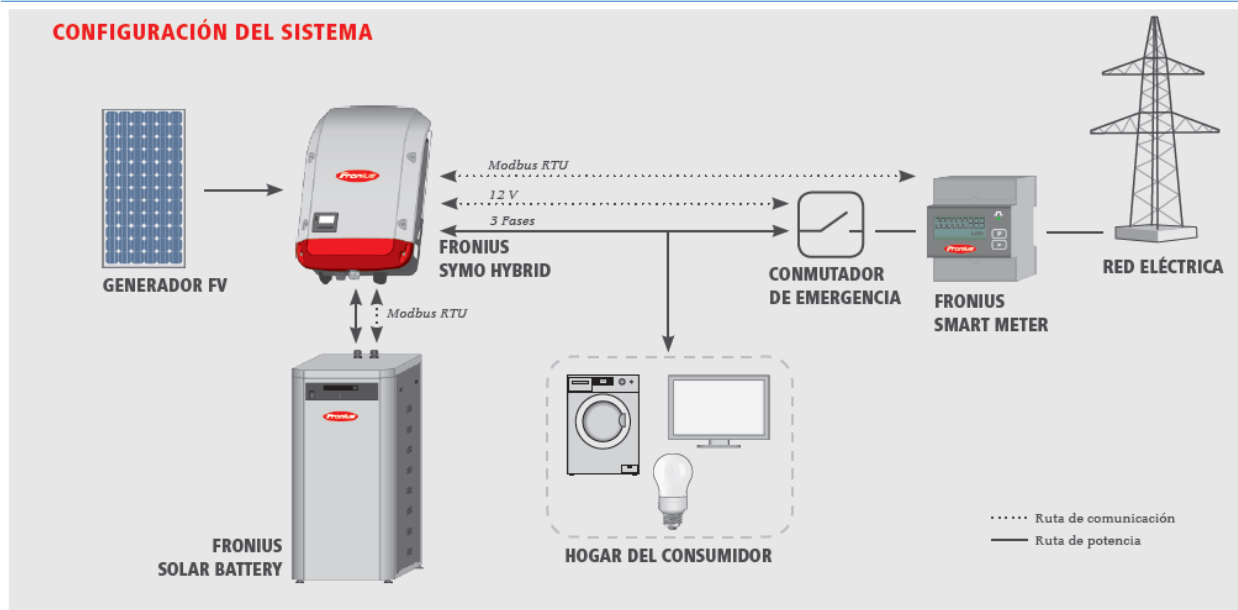


Figura 1.13: Esquema de conexión del sistema (Fuente: Ficha técnica inversor)

1.8.4. Aparato de inyección cero

Como se ha comentado en apartados anteriores, la instalación del presente proyecto se encuentra catalogada en instalaciones fotovoltaicas sin excedentes. Para ello hace falta conectar al sistema un componente encargado de que no exista inyección a la red.

El modelo elegido para este cometido es el Solar-Log 300.



Figura 1.14: Solar-Log 300. Sistema de inyección cero (Fuente: Ficha técnica Solar-Log)

El aparato de inyección cero ha de medir mediante conexión a los contadores ya disponibles en la instalación o mediante nuevos la potencia que demandan los consumos, así como la potencia de generación

MEMORIA

en cada momento. El aparato comparará estas dos potencias y se encargará gracias a su conexión directa con el inversor de que la potencia de generación no sea nunca mayor que la de consumo regulando la salida del inversor. De esta manera se asegura un vertido cero a la red.

1.8.4.1. *Conexión elemento de vertido cero*

El Solar-Log, como se ha comentado en el apartado anterior funciona comparando valores de consumo y generación de energía para dar orden al inversor en el caso que la generación sea mayor que el consumo para ajustar la salida de potencia.

Para que este funcionamiento sea posible se ha de acompañar en la instalación con un contador de consumo para el Solar-Log. Mediante anillos toroidales puede obtenerse el consumo en tiempo real.

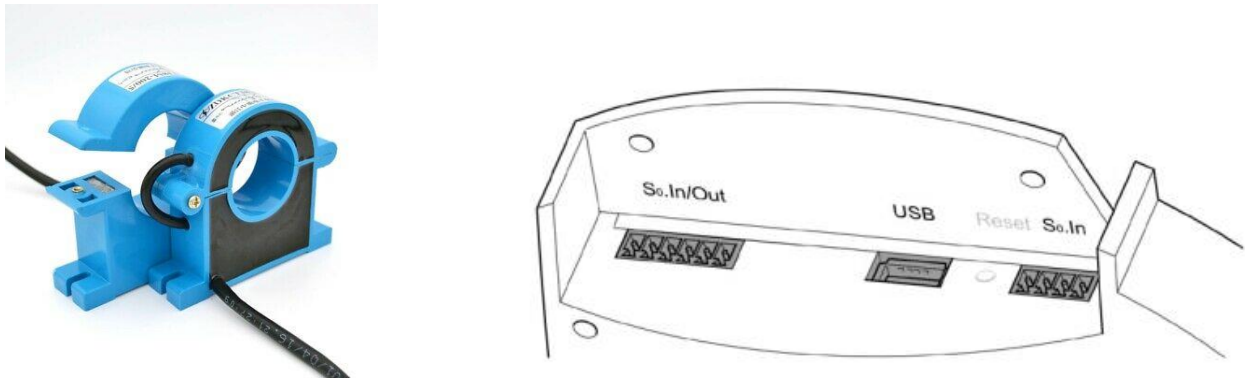


Figura 1.15: Anillos toroidales y conexiones de la parte superior Solar-Log 300 (Fuente: Ebay y ficha técnica Solar-Log)

La conexión del Solar-Log con el inversor consigue limitar la potencia de generación. Esta conexión se realiza con un cable con interfaz RS485 de 6 polos, tal y como se muestra en la Figura 16.

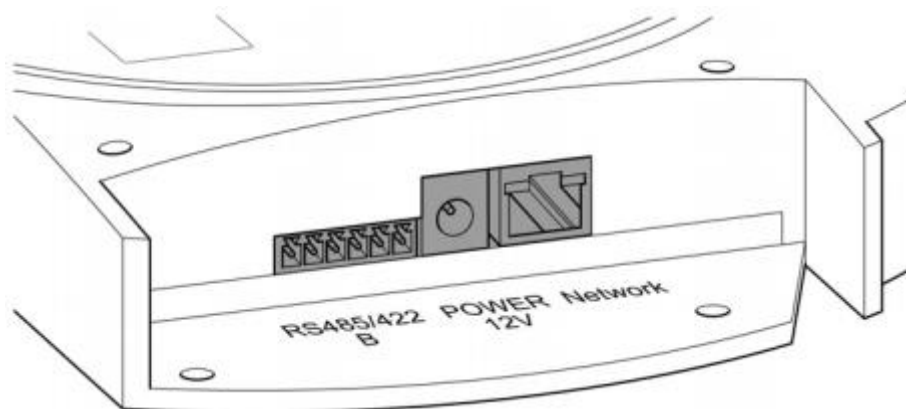


Figura 1.16: Conexiones de la parte inferior del Solar-Log 300 (Fuente: Ficha técnica Solar-Log)

El esquema general de conexión del Solar-Log con el resto de elementos es el siguiente:

Configuración esquemática:

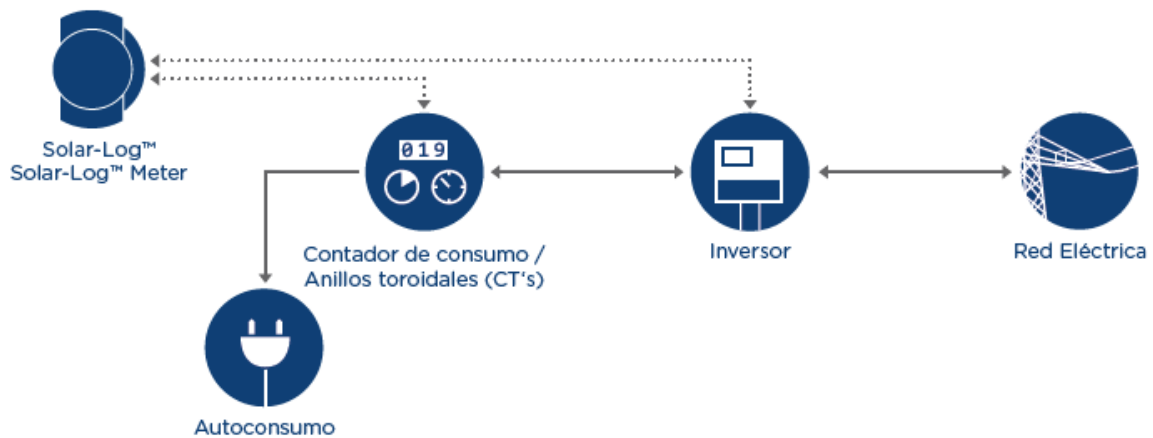


Figura 1.17: Esquema conexión general Solar-Log (Fuente: Ficha técnica Solar-Log)

1.8.4.2. Protección al elemento de vertido cero

El aparato de vertido cero de Solar-Log contará con una protección específica para el propio aparato y se situará en la Caja General de Protecciones del Museo.

La protección se colocará para proteger al aparato de sobreintensidades ocasionadas por sobretensiones o cortocircuitos.

El elemento de protección será un interruptor automático magnetotérmico bipolar tarado a 16 A.

1.8.5. Cableado

En esta instalación se ha utilizado cableado de cobre aislado con polietileno reticulado (XLPE). Las secciones de dichos cables cumplen con el criterio de caída de tensión, menos de 0,5% de caída en continua y menos de 1,5% en alterna, tal y como marca la ITC-BT-40 del REBT.

El cableado se ha dividido por tramos, en dos concretamente:

- **Tramo DC:** Este tramo incluye el cableado que va desde los módulos hasta el inversor.
- **Tramo AC:** Este tramo va desde el inversor hasta la caja de protecciones.

MEMORIA

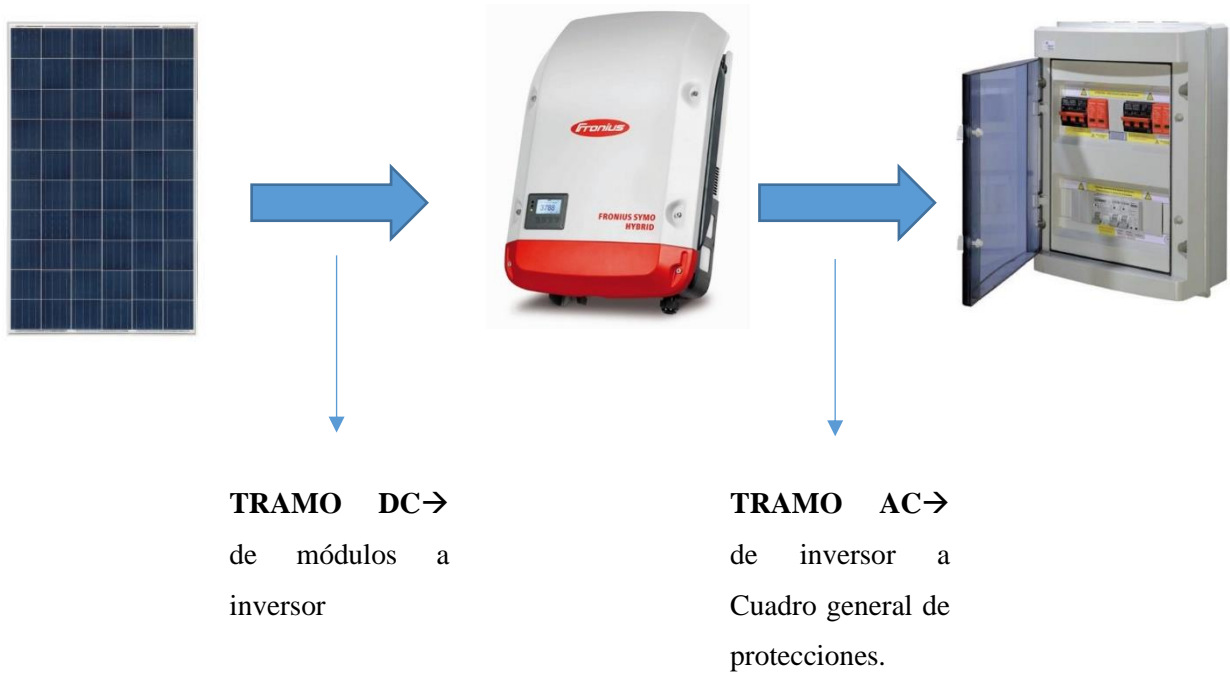


Figura 1.18: Esquema cableado instalación

1.8.5.1. Tramo DC

Para conectar los módulos entre si se ha utilizado un tipo de conductor flexible unipolar de cobre específico para las instalaciones solares fotovoltaicas, en concreto la nomenclatura correcta es **ZZ-F** y la sección es de **6 mm²**.



Figura 1.19: Cable solar TopSolar ZZ-F (Fuente: Ficha técnica TopSolar)

Dentro del Tramo DC se ha utilizado otro conductor flexible multipolar y flexible **RV-K 0,6/1 kV de 10 mm²** con mayor protección ya que este cable va a tener que estar al aire libre, expuesto al sol y a lluvias. Este cable se ha instalado desde los magnetotérmicos utilizados para proteger las dos series de módulos hasta el inversor.



Figura 1.20: Conductor multipolar flexible RV-K 0,6/1 kV 10mm² (Fuente: Ficha técnica Cabur)

Para facilitar la conexión en serie de los paneles entre ellos y con el inversor, se utiliza conectores estándar tipo MC4.



Figura 1.21: Conector macho/hembra MC4 (Fuente: Ficha técnica Cabur)

1.8.5.2. Tramo AC

En este tramo de cableado se ha utilizado solo un tipo de conductor multipolar, el **RZ1-K 0,6/1 kV (AS) 3x10 mm²**. Este conductor es flexible, de cobre, tiene protección de polietileno reticulado y está libre de halógenos.



Figura 1.22: Conector RZ1-K 3x 10 mm² (Fuente: Ficha técnica Nexans)

Tal y como se comprueba en el dimensionamiento del cableado en el apartado de *ANEXOS* del presente proyecto, tanto este conductor como el de corriente continua están sobredimensionados. Esto puede deberse tanto a un motivo económico por parte de la empresa o bien, la posibilidad de una futura posible ampliación de la instalación solar fotovoltaica.

1.8.5.3. Resumen final de cableado

A modo de resumen se presenta la siguiente tabla del cableado escogido que se ha comprobado que cumplen criterios técnicos.

RESUMEN CABLEADO			
Tramo	Descripción	Sección	Tipo cable
DC	Cableado DC entre módulos	1 x 6mm ²	Cable de cobre unipolar solar ZZ-F (AS).
DC	Cableado DC de módulos a inversor	2 x 10mm ²	Cable de cobre multipolar solar RV-K 0,6/1kV protección XLPE.
AC	Cableado AC de inversor a CGBT	3F x 10mm ² + 1N x 10mm ²	Cable de cobre multipolar RZ1-K (AS) 0,6/1 kV protección XLPE y libre de halógenos
DC Tierra	Conecta masas de módulos y estructura metálica a tierra	1 x 10mm ²	Cable cobre cubierto, amarillo y verde
AC Tierra	Conecta masas de inversor y cuadro de protecciones a tierra	1 x 10mm ²	Cable cobre cubierto, amarillo y verde

Tabla 1.2: Resumen cableado instalación

1.8.6. Protecciones

Cualquier instalación eléctrica ha de contar con protecciones tanto para las personas como para la integridad de la propia instalación.

Estas medidas de protección están representadas en el REBT, concretamente en las Instrucciones ITC-BT-18, ITC-BT-22, ITC-BT-23 y ITC-BT-24 (UNE 20.460, parte 4-41 y parte 4-47) además de en el Real Decreto 1669/2011 y el Real Decreto 244/2019, para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de BT. Según lo especificado en las normas nombradas, los dispositivos mínimos con los que ha de contar la instalación para asegurar la protección y mando de la misma son los siguientes:

MEMORIA

- Al menos un **elemento que garantice el corte general** para proporcionar un aislamiento que garantice la protección y salud de los trabajadores. Esta función puede hacerla otro elemento de la instalación que garantice el corte entre generador y red.
- **Interruptor automático diferencial**, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento a tierra.
- **Interruptor automático de interconexión**, para la desconexión-conexión automática de la instalación en caso de anomalía de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento. Eventualmente la función desarrollada por este interruptor puede ser desempeñada por el interruptor o interruptores de los equipos generadores
- Protecciones de la **conexión máxima y mínima frecuencia** (50,5 Hz y 48 Hz con una temporización máxima de 0.5 y de 3 segundos respectivamente) y **máxima y mínima tensión** entre fases (1,15 Un y 0,85 Un).
- **Protección frente a sobreintensidades** provocadas por sobrecargas o cortocircuitos.
- **Puesta a tierra** de todos los elementos metálicos de la instalación para evitar la presencia de corrientes residuales y así proteger a personas y animales de contactos directos.

1.8.6.1. *Elementos de conexión y corte*

El inversor Fronius utilizado cuenta con fusibles o seccionadores en cada entrada para el corte de cada string. Además, para añadir más protección se cuenta con un interruptor automático magnetotérmico en cada string de módulos.

En cuanto al tramo de alterna, se ha instalado un interruptor automático diferencial y uno magnetotérmico tetrapolar, los cuales se pueden accionar manualmente.

1.8.6.2. *Protección frente a contactos indirectos*

Los elementos de la instalación cuentan con protección Clase II, esto es, cuentan con doble envolvente de aislamiento por si la primera falla.

Las masas metálicas de la instalación, incluyendo estructura de los módulos y los propios módulos están conectados a tierra para derivar corrientes residuales a tierra y evitar así el peligro de contacto.

Se instala un interruptor automático diferencial con sensibilidad de 30 mA para proteger a personas o animales frente a derivaciones de intensidad de la instalación mayores a la sensibilidad del propio aparato de protección.

1.8.6.3. *Protección frente a contactos directos*

MEMORIA

Existe señalización y aislamiento en el cuarto de instalación del inversor y la caja general de protecciones.

Además, como se ha comentado anteriormente se ha instalado protección diferencial.

1.8.6.4. Protección frente a sobreintensidades

El inversor Fronius instalado cuenta con fusibles tarados a 15 A protegiendo así la parte de corriente continua frente a sobreintensidades provocadas por sobrecargas o cortos. Además de estos fusibles o seccionadores se han instalado interruptores automáticos magnetotérmicos en cada string tarados a 16 A para dotar de más protección a la parte continua y además proteger os fusibles del inversor.

En la parte alterna se cuenta con in interruptor automático magnetotérmico tetrapolar que protege contra las sobretensiones que se puedan producir a la salida del inversor.

1.8.6.5. Protección frente a sobretensiones

Puesta a tierra de las masas metálicas de la instalación de forma equipotencial.

Además, el inversor cuenta con una funcionalidad automática que realiza conexión y desconexión cuando hay una alteración o pérdida de tensión y frecuencia de red.

1.8.6.6. Caja de protecciones

En la instalación objeto de estudio existen dos cajas de protección:

- **Caja tramo 1**, esta caja está situada en la propia estructura de los módulos protegida de la lluvia y contiene:
 - 2 interruptores automáticos bipolares magnetotérmicos *SIEMENS 5SJ65* tarado a 16 A.

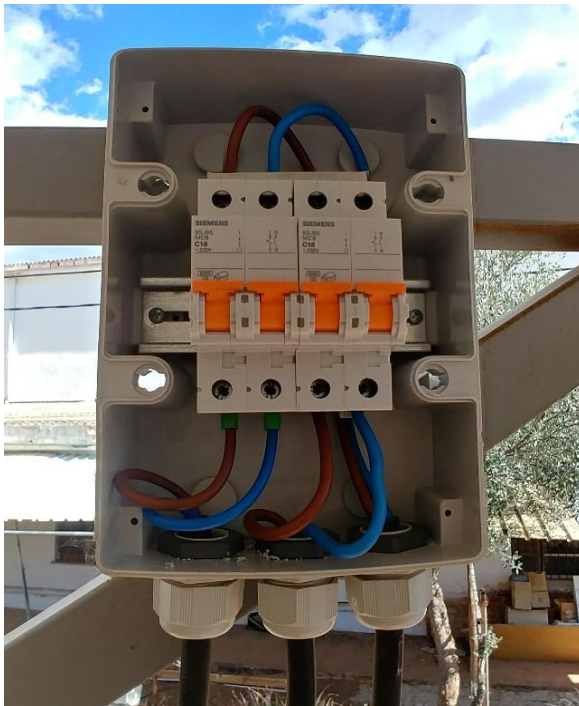


Figura 1.23: Caja de protección tramo de corriente continua (Fuente: propia)

- **Caja tramo 2**, esta caja está situada en una habitación del Museo en la que también se encuentra el inversor. La caja de protecciones, eso sí, está situada aguas arriba del inversor, aislando así toda la instalación generadora fotovoltaica de la Cuadro General de Baja Tensión del museo. En esta caja se sitúan los siguientes elementos de protección:
 - 1 interruptor automático magnetotérmico *CHINT UB C16*.
 - 1 interruptor automático diferencial *CHINT NL 1-63* tarado a 25 A y con una sensibilidad de 30 mA.



Figura 1.24: Caja de protección tramo de corriente alterna (Fuente: propia)

1.8.6.7. *Tabla resumen protecciones*

A modo de resumen se han agrupado las protecciones en la Tabla 9.

RESUMEN PROTECCIONES			
Protección	Tramo	Uds.	Características técnicas
Fusible DC	DC	2	$I_n = 15\text{ A}$ $V_n = 1000\text{ V}$
Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 16 A	DC	2	$I_n = 16\text{ A}$ $I_{\text{corte}} = 6000\text{ A}$ $V_n = 230\text{ V}$
Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 16 A. Curva C	AC	1	$I_n = 16\text{ A}$ $I_{\text{corte}} = 6000\text{ A}$ $V_n = 400\text{ V}$

Interruptor automático diferencial tetrapolar tarado a 25 A	AC	1	$I_n = 25 \text{ A}$ $I_{\text{sensibilidad}} = 30 \text{ mA}$ $I_{\text{corte}} = 6000 \text{ A}$ $V_n = 400 \text{ V}$
--	----	---	---

Tabla 1.3: Resumen protecciones instalación fotovoltaica.

1.8.7. Puesta a tierra

En este apartado se especificará el tipo y las características de la puesta a tierra de la instalación fotovoltaica.

El edificio del Museo ya contaba con su instalación previa de puesta a tierra por lo que el tramo 2, esto es, el de corriente alterna, que se encuentra dentro del edificio se conectará a dicha PaT.

Sin embargo, el tramo 1 de la instalación, ubicada en el exterior, debe contar también con una puesta a tierra adecuada, ya que existen muchas masas metálicas como la estructura o los propios módulos que pueden suponer un peligro para las personas y animales al contacto.

La empresa ha utilizado una **pica vertical de cobre desnudo de 1,5 metros** de profundidad conectada por un **conductor de 10 mm²** (verde/amarillo) a todas las masas metálicas (estructura metálica y módulos) con una grapa de conexión tipo CU tal y como se muestra en la figura 20.



Figura 1.25: Conexión de PaT del tramo 1

La instalación cumple con la ITC-BT-18 ya que como se muestra en la Figura 26 extraída de la propia instrucción, el electrodo tiene un diámetro mayor de 14,2 mm y está enterrado a más de 0,5 m de profundidad, en concreto está enterrado a 1,5 metros.

Tipo de electrodo		Dimensión mínima
Picas	barras	$\varnothing \geq 14,2 \text{ mm}$ (acero-cobre 250 μ) $\varnothing \geq 20 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78 μ)
	perfiles	Espesor $\geq 5 \text{ mm}$ y Sección $\geq 350 \text{ mm}^2$
	tubos	$\varnothing_{\text{ext}} \geq 30 \text{ mm}$ y Espesor $\geq 3 \text{ mm}$
Placas	rectangular	1 m x 0,5 m Espesor $\geq 2 \text{ mm}$ (cobre); Espesor $\geq 3 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78 μ)
	cuadrada	1 m x 1 m Espesor $\geq 2 \text{ mm}$ (cobre); Espesor $\geq 3 \text{ mm}$ (acero galvanizado 78 μ)
Conductor desnudo		35 mm ² (cobre)

Figura 1.26: Tabla dimensiones mínimas electrodos PaT (Fuente: ITC-BT-18)

Según la ITC-BT-18 la tensión de contacto ha de ser inferior a 50 V debido a la ubicación en la que se encuentra la instalación. Si se comprueba que la tensión de contacto es mayor a este valor, habría que instalar otra puesta de tierra independiente a la anterior.

1.8.8. Monitorización de la instalación

En esta instalación la monitorización se realiza con el Solar-Log, el dispositivo de vertido cero. También se podría haber realizado monitorización de consumos y generación mediante el inversor Fronius, pero para esta instalación se decidió aprovechar que había que instalar un sistema de vertido cero y así ahorrar en la compra de elementos de medida para el inversor.

Tal y como se muestra en la Figura 16 el Solar-Log dispone de una conexión de Ethernet para enviar los datos a la página web gratuita del propio fabricante. Dicha web mostrará valores tales como, energía consumida, generada, rendimientos e incluso ahorros económicos tras configurar la instalación.

La monitorización es importante en este tipo de instalaciones porque facilita mucho el control y la prevención de la instalación al poder comprobar en tiempo real si los componentes están dando el rendimiento para el que han sido diseñados.

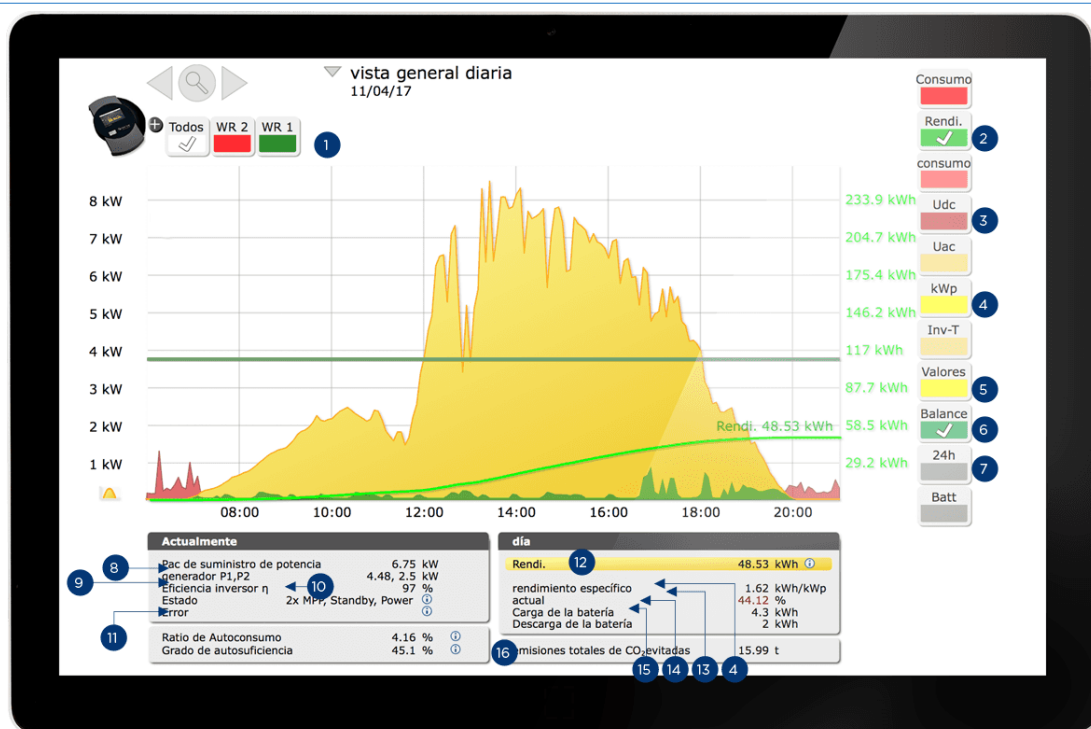


Figura 1.27: Vista de la monitorización de una instalación desde la página web de Solar-Log (Fuente: <https://www.solar-log.com/es/servicio-y-soluciones/montorizacion/>)

1.9. Estudio de viabilidad económica

La instalación actual genera un ahorro evidente en la factura, por ello y teniendo en cuenta el coste inicial de la instalación se procede a exponer cómo de viable es el proyecto actual y si reporta un beneficio tanto a corto como a largo plazo para el cliente.

Los cálculos realizados en el apartado de *Anexos: Estudio de viabilidad económica de instalación actual* arrojan el balance económico en el cuál es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- IPC (Índice de Precios del Consumo) de la energía: +3% anual
- Pérdida o degradación de rendimiento de equipos: -0,7% anual
- Gastos mantenimiento: +500 € anuales (gasto sujeto a IPC)
- Ayuda instalaciones fotovoltaicas IVACE: deducción 20% IRPF de la inversión inicial

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	12.781,77€				-12.781,77€	-12.781,77€
1	-2.556,35€	511,27€	1.695,82€	3.740,90€	4.252,17€	-8.529,60€
2	-€	523,03€	1.734,82€	1.211,79€	1.734,82€	-6.794,77€
3	500,00€	535,06€	1.774,72€	739,66€	1.274,72€	-5.520,05€

MEMORIA

4	515,00€	547,37€	1.815,54€	753,18€	1.300,54€	-4.219,51€
5	530,45€	559,96€	1.857,30€	766,89€	1.326,85€	-2.892,66€
6	546,36€	572,83€	1.900,02€	780,82€	1.353,65€	-1.539,00€
7	562,75€	586,01€	1.943,72€	794,95€	1.380,96€	-158,04€
8	579,64€	599,49€	1.988,42€	809,30€	1.408,79€	1.250,75€
9	597,03€	613,28€	2.034,16€	823,86€	1.437,13€	2.687,88€
10	614,94€	627,38€	2.080,94€	838,62€	1.466,01€	4.153,88€
11	633,39€	641,81€	2.128,80€	853,61€	1.495,42€	5.649,30€
12	652,39€	656,57€	2.177,77€	868,81€	1.525,38€	7.174,68€
13	671,96€	671,67€	2.227,86€	884,22€	1.555,90€	8.730,58€
14	692,12€	687,12€	2.279,10€	899,86€	1.586,98€	10.317,56€
15	712,88€	702,93€	2.331,52€	915,71€	1.618,64€	11.936,20€
16	734,27€	719,09€	2.385,14€	931,78€	1.650,87€	13.587,07€
17	756,29€	735,63€	2.440,00€	948,07€	1.683,70€	15.270,78€
18	778,98€	752,55€	2.496,12€	964,58€	1.717,14€	16.987,91€
19	802,35€	769,86€	2.553,53€	981,32€	1.751,18€	18.739,09€
20	826,42€	787,57€	2.612,26€	998,27€	1.785,84€	20.524,92€
21	851,22€	805,68€	2.672,34€	1.015,44€	1.821,13€	22.346,05€
22	876,75€	824,21€	2.733,81€	1.032,84€	1.857,05€	24.203,10€
23	903,06€	843,17€	2.796,68€	1.050,46€	1.893,63€	26.096,73€
24	930,15€	862,56€	2.861,01€	1.068,30€	1.930,86€	28.027,59€
25	958,05€	882,40€	2.926,81€	1.086,36€	1.968,76€	29.996,35€

Tabla 1.4: Balance económico a 25 años instalación actual

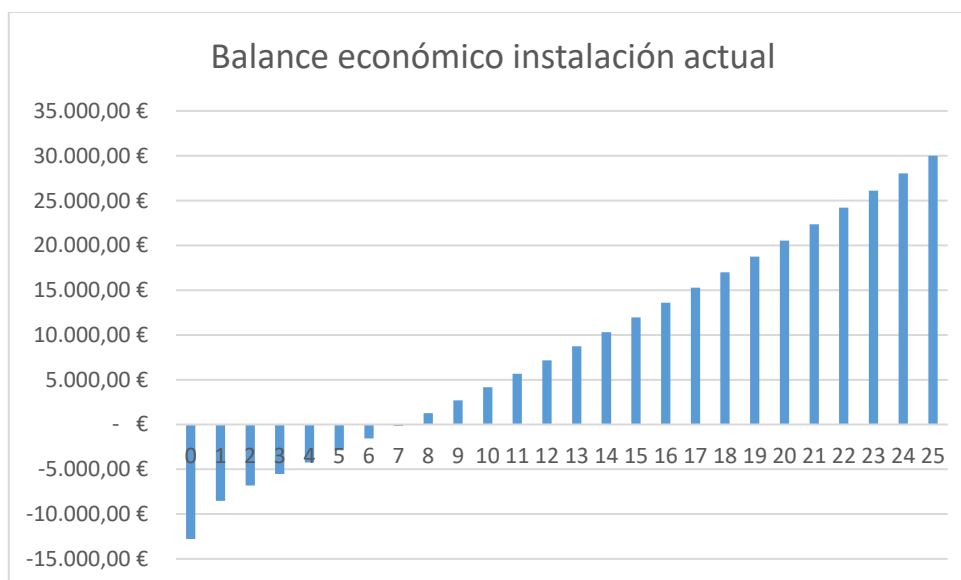


Figura 1.28: Gráfica de columnas del balance económico instalación actual

Se observa que la potencial ganancia o ahorro en 25 años de instalación es de **29.996,35 €**.

MEMORIA

Cabe destacar que en la casilla de gastos del primer año hay un valor en negativo, esto corresponde con la ayuda del 20% de la inversión inicial al tramo autonómico del IRPF mencionada anteriormente.

En cuanto a los parámetros financieros del proyecto se ha calculado el TIR, VAN y Payback y el resultado obtenido es el siguiente:

Parámetros financieros instalación actual	
TIR	14%
VAN	15.849,78 €
Payback	7,47 años

Tabla 1.5: Parámetros financieros instalación actual

Se observa que el proyecto cuenta con una gran rentabilidad y con una tasa de retorno muy aceptable teniendo en cuenta que la vida útil de la instalación es, en el peor de los casos, 25 años con un buen mantenimiento.

1.10. Estudio de alternativas

Este proyecto se decidió ejecutar con una previsión de generación energética del 60 % del consumo energético del Museo. Pero en este apartado se van a estudiar tres alternativas más que pueden ser aplicadas en una futura ampliación y se pretende estudiar si pueden ser beneficiosas en el ámbito económico o financiero para el cliente. Estas tres alternativas son:

- **Alternativa 1: Contribución del 80%** de la energía mediante instalación FV.
- **Alternativa 2:** Instalación de **baterías de litio** para aprovechamiento de energía sobrante.
- **Alternativa 3:** Instalación de **baterías de litio** para aprovechamiento de energía sobrante en **instalación 80 % contribución FV**.

1.10.1. Alternativa 1: Contribución energética del 80%

En este apartado se estudiará si es viable económicamente una futura ampliación de la instalación para generar el 80% de la energía necesaria.

Se ha obtenido en el *Anexo: Estudio de alternativas* el número de módulos necesarios para conseguir una aportación energética del 80% así como también se ha determinado el inversor óptimo.

Se obtiene que para conseguir una contribución solar del 80% habría que instalar **29 módulos**, lo cual supondría añadir 7 módulos más a la instalación actual.

En cuanto al inversor se comprueba que el utilizado en la instalación actual, el **Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S**, es válido y cumple con los requisitos técnicos de la instalación.

ESTUDIO ECONÓMICO

Para realizar el estudio económico de esta alternativa es necesario conocer cuánto ahorro supondría su funcionamiento en comparación con la instalación actual.

Para ello se realiza una tabla en la que se pone de manifiesto la generación y el ahorro en autoconsumo que supone esta alternativa.

Mes	Energía Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumida	Ahorro autoconsumo	Energía Sobrante
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	800,30	57,00	537,00	43,00	447,50	69,32 €	352,80
Feb	807,70	80,00	636,00	29,00	530,00	82,10 €	277,70
Mar	1009,10	405,50	765,50	47,00	637,92	98,81 €	371,18
Abr	1144,90	405,50	765,50	47,00	915,83	155,57 €	229,07
May	1059,50	406,00	427,00	63,00	690,67	117,32 €	368,83
Jun	1166,40	356,00	511,00	74,00	739,25	125,57 €	427,15
Jul	1196,50	532,00	838,00	82,00	1160,50	197,13 €	36,00
Ago	1143,20	919,00	1453,00	84,00	1143,20	194,19 €	0,00
Sep	982,00	497,00	670,00	75,00	943,67	160,30 €	38,33
Oct	882,00	415,00	523,00	63,00	435,83	67,51 €	446,17
Nov	758,10	114,00	579,00	57,00	482,50	74,74 €	275,60
Dic	735,60	105,00	707,00	50,00	589,17	91,26 €	146,43

Tabla 1.6: Cálculo energía autoconsumida contribución 80% FV

La suma del ahorro anual en energía autoconsumida es de **1433,82 €**.

Además de este ahorro, hay que tener en cuenta otro más, que no es otro que el del término de potencia. Tras un análisis de los datos del maxímetro disponibles en las facturas de la distribuidora de energía, y teniendo en cuenta que la instalación fotovoltaica estará soportando parte de la potencia de muchos consumos en alguno de los casos de registro de máxima potencia, se determina que bajar la potencia en los tres periodos es plausible y además supone un bien ahorro anual. Este ahorro se ve representado en la tabla siguiente:

	Potencia Actual	Potencia Rebajada	Peaje potencia
	kW	kW	€/kW
Periodo Punta o P1	21,2	18,2	0,118987
Periodo Llano o P2	21,2	18,2	0,072083
Periodo Valle o P3	21,2	16	0,051045

Tabla 1.7: Modificación de potencia contratada

MEMORIA

Tras esta modificación en el peaje de potencia podrían ahorrarse **422,63 €/año**.

Una vez identificados los elementos que harán falta para llevar a cabo esta alternativa, módulos e inversor, se puede calcular el gasto extra que supondría mejorar la instalación actual (cálculo disponible en *Anexos: Estudio de alternativas*).

Ahorro anual Alternativa 1	
Energía autoconsumida	1433,82 €/anual
Reducción peaje potencia	422,63 €/anual
Gastos extra instalación	-1813,45 €

Tabla 1.8: Resumen gastos extra y ahorros Alternativa 1: 80% contribución solar

Una vez se tiene los datos de ahorro anuales y gastos por ampliación de la instalación es posible realizar un balance económico en el que estudiar la viabilidad de esta alternativa. Para ello se tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- IPC (Índice de Precios del Consumo) de la energía: +3% anual
- Pérdida o degradación de rendimiento de equipos: -0,7% anual
- Gastos mantenimiento: +500 € anuales (gasto sujeto a IPC)
- Ayuda instalaciones fotovoltaicas IVACE: deducción 20% IRPF de la inversión inicial

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	14.595,22 €				-14.595,22 €	-14.595,22 €
1	-2.919,04 €	583,81 €	1.856,45 €	4.191,68 €	4.775,49 €	-9.819,73 €
2	- €	597,24 €	1.899,15 €	1.301,91 €	1.899,15 €	-7.920,58 €
3	500,00 €	610,97 €	1.942,83 €	831,85 €	1.442,83 €	-6.477,75 €
4	515,00 €	625,03 €	1.987,51 €	847,49 €	1.472,51 €	-5.005,24 €
5	530,45 €	639,40 €	2.033,22 €	863,37 €	1.502,77 €	-3.502,47 €
6	546,36 €	654,11 €	2.079,99 €	879,52 €	1.533,63 €	-1.968,84 €
7	562,75 €	669,15 €	2.127,83 €	895,92 €	1.565,07 €	-403,77 €
8	579,64 €	684,54 €	2.176,77 €	912,59 €	1.597,13 €	1.193,36 €
9	597,03 €	700,29 €	2.226,83 €	929,52 €	1.629,81 €	2.823,17 €
10	614,94 €	716,39 €	2.278,05 €	946,72 €	1.663,11 €	4.486,29 €
11	633,39 €	732,87 €	2.330,45 €	964,19 €	1.697,06 €	6.183,35 €
12	652,39 €	749,73 €	2.384,05 €	981,93 €	1.731,66 €	7.915,01 €
13	671,96 €	766,97 €	2.438,88 €	999,95 €	1.766,92 €	9.681,93 €
14	692,12 €	784,61 €	2.494,97 €	1.018,25 €	1.802,86 €	11.484,79 €
15	712,88 €	802,66 €	2.552,36 €	1.036,82 €	1.839,48 €	13.324,26 €
16	734,27 €	821,12 €	2.611,06 €	1.055,68 €	1.876,80 €	15.201,06 €
17	756,29 €	840,00 €	2.671,12 €	1.074,82 €	1.914,82 €	17.115,88 €
18	778,98 €	859,32 €	2.732,55 €	1.094,25 €	1.953,57 €	19.069,45 €
19	802,35 €	879,09 €	2.795,40 €	1.113,96 €	1.993,05 €	21.062,50 €

MEMORIA

20	826,42 €	899,31 €	2.859,70 €	1.133,97 €	2.033,27 €	23.095,77 €
21	851,22 €	919,99 €	2.925,47 €	1.154,26 €	2.074,25 €	25.170,02 €
22	876,75 €	941,15 €	2.992,75 €	1.174,85 €	2.116,00 €	27.286,03 €
23	903,06 €	962,80 €	3.061,59 €	1.195,74 €	2.158,53 €	29.444,56 €
24	930,15 €	984,94 €	3.132,00 €	1.216,92 €	2.201,86 €	31.646,42 €
25	958,05 €	1.007,59 €	3.204,04 €	1.238,39 €	2.245,99 €	33.892,41 €

Tabla 1.9: Balance económico Alternativa 1: 80% contribución

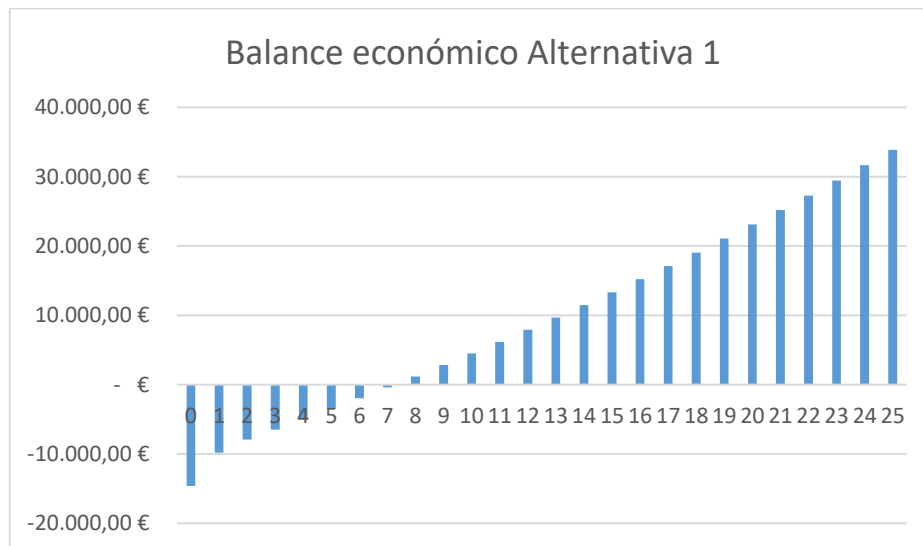


Figura 1.29: Gráfica de columnas del balance económico Alternativa 1: 80% contribución

Se observa que tras 25 años (vida útil aproximada de la instalación) el cliente tendría un ahorro de **33.892,41 €**.

Para realizar una comparativa financiera correcta entre las alternativas se va a comparar parámetros financieros fiables de las inversiones como son el TIR, VAN y Payback. El cálculo de estos parámetros, así como sus fórmulas está presente en el apartado de *Anexos: Estudio de alternativas*.

Parámetros financieros Alternativa 1	
TIR	14%
VAN	17.901,79 €
Payback	7,48 años

Tabla 1.10: Parámetros financieros Alternativa 1: 80% contribución

1.10.2. Alternativa 2: Instalación actual con baterías de litio

En este caso, la alternativa se basa en la instalación de baterías de litio sin modificar la potencia pico instalada actual, esto es 5,5 kWp.

De la misma manera que en el apartado anterior, para el estudio de esta alternativa se tiene en cuenta la tabla de generación y ahorro por autoconsumo calculada en los Anexos.

MEMORIA

Antes de mostrar los ahorros cabe destacar que el inversor utilizado en la instalación actual es híbrido y admite la conexión de baterías de litio (de BYD y Fronius). Por ello en este caso tampoco es necesario realizar un gasto extra con el inversor. El hecho de instalar un inversor de estas características es una decisión consultada con el cliente para dar la oportunidad de la instalación de baterías en un futuro.

Mes	Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumo	Ahorro autoconsumo	Energía Sobrante
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	594,80	57,00	537,00	43,00	594,80	92,13 €	0,00
Feb	600,30	80,00	636,00	29,00	600,30	92,99 €	0,00
Mar	750,00	405,50	765,50	47,00	750,00	116,18 €	0,00
Abr	787,50	405,50	765,50	47,00	787,50	133,77 €	0,00
May	851,00	406,00	427,00	63,00	851,00	144,56 €	0,00
Jun	866,90	356,00	511,00	74,00	866,90	147,26 €	0,00
Jul	889,30	532,00	838,00	82,00	889,30	151,06 €	0,00
Ago	849,60	919,00	1453,00	84,00	849,60	144,32 €	0,00
Sep	729,90	497,00	670,00	75,00	729,90	123,98 €	0,00
Oct	655,50	415,00	523,00	63,00	655,50	101,54 €	0,00
Nov	563,50	114,00	579,00	57,00	563,50	87,29 €	0,00
Dic	546,70	105,00	707,00	50,00	546,70	84,68 €	0,00

Tabla 1.11: Cálculo energía autoconsumida Alternativa 2: baterías de litio

Se observa que la energía sobrante es nula debido a que toda es almacenada en las baterías y utilizada en el momento en que se necesite.

Las baterías seleccionadas para esta alternativa son de la marca BYD. En concreto son el modelo BYD-HVS de 5,1 kWh. Se trata de una batería completa compuesta de 2 módulos. La capacidad de las baterías se ha seleccionado en base a los excedentes calculados, teniendo en cuenta lo que podrían almacenar en un día completo.

ESTUDIO ECONÓMICO

Así, el ahorro y gastos extra quedan representados en la siguiente tabla:

Ahorro anual Alternativa 2	
Energía autoconsumida	1419,75 €/anual
Reducción peaje potencia	422,63 €/anual
Gastos extra instalación	-2701,55 €

Tabla 1.12: Resumen gastos extra y ahorros Alternativa 2: baterías de litio

Con estos datos se obtiene el balance a 25 años siguiente:

MEMORIA

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	15.483,32 €				-15.483,32 €	-15.483,32 €
1	-3.096,66 €	619,33 €	1.842,38 €	4.319,71 €	4.939,04 €	-10.544,28 €
2	- €	633,58 €	1.884,75 €	1.251,18 €	1.884,75 €	-8.659,52 €
3	500,00 €	648,15 €	1.928,10 €	779,95 €	1.428,10 €	-7.231,42 €
4	515,00 €	663,06 €	1.972,45 €	794,39 €	1.457,45 €	-5.773,97 €
5	530,45 €	678,31 €	2.017,82 €	809,06 €	1.487,37 €	-4.286,61 €
6	546,36 €	693,91 €	2.064,23 €	823,95 €	1.517,86 €	-2.768,75 €
7	562,75 €	709,87 €	2.111,70 €	839,08 €	1.548,95 €	-1.219,80 €
8	579,64 €	726,20 €	2.160,27 €	854,44 €	1.580,63 €	360,84 €
9	597,03 €	742,90 €	2.209,96 €	870,03 €	1.612,93 €	1.973,77 €
10	614,94 €	759,98 €	2.260,79 €	885,87 €	1.645,85 €	3.619,62 €
11	633,39 €	777,46 €	2.312,78 €	901,94 €	1.679,40 €	5.299,02 €
12	652,39 €	795,35 €	2.365,98 €	918,25 €	1.713,59 €	7.012,61 €
13	671,96 €	813,64 €	2.420,40 €	934,80 €	1.748,44 €	8.761,05 €
14	692,12 €	832,35 €	2.476,07 €	951,60 €	1.783,95 €	10.545,00 €
15	712,88 €	851,50 €	2.533,02 €	968,64 €	1.820,13 €	12.365,13 €
16	734,27 €	871,08 €	2.591,27 €	985,93 €	1.857,01 €	14.222,14 €
17	756,29 €	891,12 €	2.650,87 €	1.003,46 €	1.894,58 €	16.116,72 €
18	778,98 €	911,61 €	2.711,84 €	1.021,25 €	1.932,86 €	18.049,58 €
19	802,35 €	932,58 €	2.774,22 €	1.039,28 €	1.971,86 €	20.021,44 €
20	826,42 €	954,03 €	2.838,02 €	1.057,57 €	2.011,60 €	22.033,04 €
21	851,22 €	975,97 €	2.903,30 €	1.076,11 €	2.052,08 €	24.085,12 €
22	876,75 €	998,42 €	2.970,07 €	1.094,90 €	2.093,32 €	26.178,44 €
23	903,06 €	1.021,38 €	3.038,39 €	1.113,95 €	2.135,33 €	28.313,77 €
24	930,15 €	1.044,87 €	3.108,27 €	1.133,25 €	2.178,12 €	30.491,89 €
25	958,05 €	1.068,91 €	3.179,76 €	1.152,80 €	2.221,71 €	32.713,60 €

Tabla 1.13: Balance económico Alternativa 2: baterías de litio

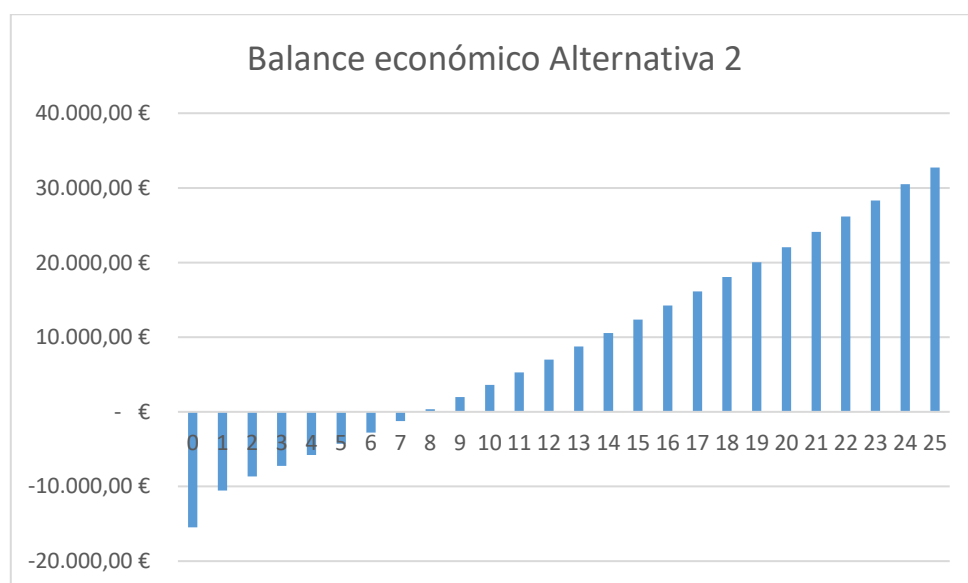


Figura 1.30: Gráfica de columnas del balance económico Alternativa 2: baterías de litio

Se obtiene un ahorro a los 25 años de 32.713,60 €.

En cuanto a los parámetros financieros se definen en la tabla 13:

Parámetros financieros	
TIR	13%
VAN	17.990,28 €
Payback	7,98

Tabla 1.14: Parámetros financieros Alternativa 2: batería de litio

1.10.3. Alternativa 3: Contribución energética del 80% y batería de litio

Este caso es el que conjunta las dos alternativas anteriores en una sola. Se estudia si es más o menos viable que las opciones anteriores.

Al igual que en las anteriores alternativas, la tabla donde se observa el ahorro en energía autoconsumida es el siguiente:

Mes	Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumida	Ahorro autoconsumo	Excedente
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	800,30	57,00	537,00	43,00	800,30	123,97 €	0,00
Feb	807,70	80,00	636,00	29,00	807,70	125,11 €	0,00
Mar	1009,10	405,50	765,50	47,00	1009,10	156,31 €	0,00
Abr	1144,90	405,50	765,50	47,00	1144,90	194,48 €	0,00
May	1059,50	406,00	427,00	63,00	1059,50	179,97 €	0,00
Jun	1166,40	356,00	511,00	74,00	1166,40	198,13 €	0,00
Jul	1196,50	532,00	838,00	82,00	1196,50	203,24 €	0,00
Ago	1143,20	919,00	1453,00	84,00	1143,20	194,19 €	0,00
Sep	982,00	497,00	670,00	75,00	982,00	166,81 €	0,00
Oct	882,00	415,00	523,00	63,00	882,00	136,62 €	0,00
Nov	758,10	114,00	579,00	57,00	758,10	117,43 €	0,00
Dic	735,60	105,00	707,00	50,00	735,60	113,94 €	0,00

Tabla 1.15: Cálculo energía autoconsumida Alternativa 3: baterías de litio con 80 % contribución

En este caso se observa un ahorro mayor por energía autoconsumida debido a que todo lo que se generaba de más queda almacenado en las baterías con lo cual el ahorro es mucho mayor.

Cabe destacar que el equipamiento seleccionado (baterías y módulos) para esta alternativa es el mismo que el mencionado en las anteriores opciones.

ESTUDIO ECONÓMICO

En este caso el resumen de gastos y ahorros es el siguiente:

MEMORIA

Ahorro anual Alternativa 3	
Energía autoconsumida	1.910,21 €/anual
Reducción peaje potencia	422,63 €/anual
Gastos extra instalación	- 4.515 €

Tabla 1.16: Resumen gastos extra y ahorros Alternativa 3: baterías de litio con 80 % contribución solar

Se observa que los gastos son mayores y es evidente que sea así porque se suma el gasto de ampliar la instalación para generar un 80% de la energía consumida y además la instalación de las baterías de litio.

En todo caso el balance a 25 años para esta alternativa es el siguiente:

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	17.296,77€				-17.296,77€	-17.296,77€
1	-3.459,35€	691,87€	2.332,84€	5.100,32€	5.792,19€	-11.504,58€
2	-€	707,78€	2.386,50€	1.678,71€	2.386,50€	-9.118,08€
3	500,00€	724,06€	2.441,39€	1.217,32€	1.941,39€	-7.176,69€
4	515,00€	740,72€	2.497,54€	1.241,82€	1.982,54€	-5.194,16€
5	530,45€	757,75€	2.554,98€	1.266,78€	2.024,53€	-3.169,63€
6	546,36€	775,18€	2.613,74€	1.292,20€	2.067,38€	-1.102,25€
7	562,75€	793,01€	2.673,86€	1.318,10€	2.111,11€	1.008,86€
8	579,64€	811,25€	2.735,36€	1.344,47€	2.155,72€	3.164,58€
9	597,03€	829,91€	2.798,27€	1.371,34€	2.201,25€	5.365,83€
10	614,94€	849,00€	2.862,63€	1.398,70€	2.247,70€	7.613,53€
11	633,39€	868,52€	2.928,47€	1.426,57€	2.295,09€	9.908,61€
12	652,39€	888,50€	2.995,83€	1.454,94€	2.343,44€	12.252,06€
13	671,96€	908,93€	3.064,73€	1.483,84€	2.392,77€	14.644,83€
14	692,12€	929,84€	3.135,22€	1.513,26€	2.443,10€	17.087,94€
15	712,88€	951,23€	3.207,33€	1.543,22€	2.494,45€	19.582,39€
16	734,27€	973,10€	3.281,10€	1.573,73€	2.546,83€	22.129,22€
17	756,29€	995,49€	3.356,57€	1.604,78€	2.600,27€	24.729,49€
18	778,98€	1.018,38€	3.433,77€	1.636,40€	2.654,78€	27.384,28€
19	802,35€	1.041,80€	3.512,74€	1.668,59€	2.710,39€	30.094,67€
20	826,42€	1.065,77€	3.593,54€	1.701,35€	2.767,11€	32.861,78€
21	851,22€	1.090,28€	3.676,19€	1.734,69€	2.824,97€	35.686,75€
22	876,75€	1.115,36€	3.760,74€	1.768,63€	2.883,99€	38.570,74€
23	903,06€	1.141,01€	3.847,24€	1.803,17€	2.944,18€	41.514,92€
24	930,15€	1.167,25€	3.935,72€	1.838,32€	3.005,58€	44.520,49€
25	958,05€	1.194,10€	4.026,25€	1.874,09€	3.068,19€	47.588,69€

Tabla 1.17: Balance económico Alternativa 3: baterías de litio con 80% contribución

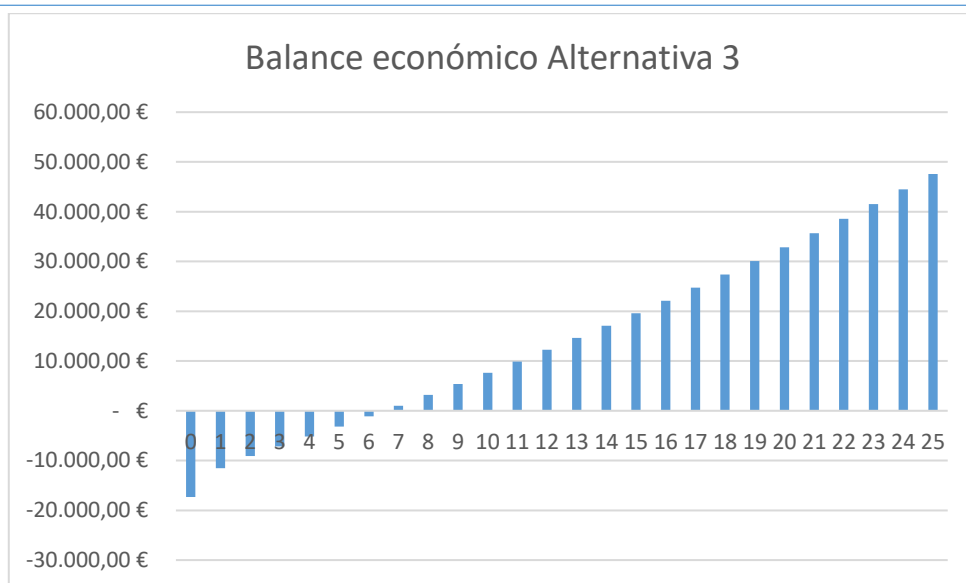


Figura 1.31: Gráfica de columnas del balance económico Alternativa 3: baterías de litio con contribución 80%

El potencial ahorro del cliente a 25 años es de 47.588,69 €.

En cuanto a los parámetros financieros se obtiene la siguiente tabla:

Parámetros financieros	
TIR	15%
VAN	23.301,85 €
Payback	6,57 años

Tabla 1.18: Parámetros financieros Alternativa 3: batería de litio con 80% contribución

1.10.4. Conclusiones al estudio de alternativas

Una vez se han expuesto las diferentes alternativas y su estudio económico, se procede a comparar cuál de ellas sería la más óptima y económicamente rentable.

Para realizar la comparativa y exponerla de una forma más visual se obtiene la tabla 17:

Comparativa económica alternativas					
	Inversión inicial	Ahorro a 25 años	TIR	VAN	Payback
Alternativa 1: 80% contribución solar	14595,22 €	33892,41 €	14%	17901,79 €	7,48 años
Alternativa 2: baterías de litio	15483,32 €	32713,60 €	13%	17990,28 €	7,98 años
Alternativa 3: baterías de litio y contribución solar del 80%	17296,77 €	47588,69 €	15%	23301,85 €	6,57 años

Tabla 1.19: Comparativa económica de las alternativas

Basándose en los resultados obtenidos en cada alternativa, la que presenta mejores valores económicos y una mejor viabilidad es la **Alternativa 3: baterías de litio con contribución solar del 80%**.

Es necesario resaltar que la instalación se concibe como ampliable y de ahí la instalación de un inversor híbrido, el cual permite el funcionamiento de la instalación con baterías, así como la gestión de estas.

Además de estas alternativas, existe una posibilidad para futuro que puede ser estudiada y es la compensación de excedentes, esta alternativa no sería compatible con la instalación de baterías ya que estas se encargarían de almacenar los excedentes con lo cual no habría nada que compensar.

1.11. Diseño de la instalación caldera biomasa

En este apartado se estudiará el diseño y el dimensionamiento de la instalación térmica de la caldera de biomasa en sustitución de la caldera de gasoil existente.

El museo es un lugar que pretende recibir visitas de público y para asegurar la comodidad de sus visitantes es necesario acondicionar el edificio con elementos de calefacción, sobre todo para periodos invernales. Con este propósito y el de hacer al museo más sostenible y eficiente se decide contratar la sustitución de la caldera de gasoil existente por una de biomasa, en concreto de pellets.

1.11.1. Requisitos técnicos iniciales

Previamente al diseño o dimensionamiento de la instalación de la caldera de biomasa hace falta tener en cuenta algunos requisitos técnicos que son indispensables, bien por petición del cliente o bien por mantener parte de la instalación ya hecha para la caldera actual. Los principales requisitos son los siguientes:

- La instalación debe satisfacer las demandas de **calefacción y ACS**
- La red de **tuberías y radiadores** ya existentes se mantienen en la instalación actual.
- La caldera se ubica en una caseta ya fabricada que se usa para la instalación de la caldera de gasoil.

1.11.2. Definiciones previas

1.11.2.1. Demanda térmica

La demanda térmica de un edificio es la cantidad de energía que necesita aportar un sistema para mantener la temperatura constante en dicho edificio.

Existen diferentes formas de calcular la demanda térmica de un recinto en base al volumen interno, los cerramientos, los huecos, la calidad del aislamiento, la ventilación, etc. Para las instalaciones en las que solo se quiera climatizar, el cálculo de la demanda térmica coincide con la potencia de la máquina encargada de generar la energía.

1.11.2.2. Funcionamiento caldera biomasa

MEMORIA

El funcionamiento de una caldera de biomasa es muy parecido al de cualquier otro tipo de caldera. La diferencia con otras calderas es el combustible empleado. Las calderas de biomasa están diseñadas para trabajar con biocombustibles como son los pellets, astilla, hueso de oliva, leña o incluso existen calderas denominadas policombustibles que son capaces de funcionar, eso sí, con un rendimiento menor con varios biocombustibles.

Las calderas de biomasa utilizan el proceso de otras calderas, esto es, la mecánica del proceso es la misma. Se quema un biocombustible que genera calor, ese calor transmitido por los gases de combustión se hace pasar por un intercambiador de calor por el que fluye un líquido caloportador el cual está directamente conectado con el circuito primario si se trata de una instalación de solo climatización o si se trata de una instalación ACS se transmite ese calor al agua de uso doméstico mediante un circuito secundario.



Figura 1.32: Esquema funcionamiento caldera biomasa (Fuente: <https://www.arkiplus.com/funcionamiento-de-una-caldera-de-biomasa/>)

1.11.2.3. Tipos de biomasa

La biomasa es cualquier materia orgánica o natural que se pueda utilizar como combustible para generar calor. Existen varios tipos de biomasa específicos para calderas que aportan una gran potencia calorífica. La biomasa está considerada una fuente de energía renovable debido a que, aunque en su combustión se

MEMORIA

generen gases de efecto invernadero como es el CO₂, este CO₂ ha sido previamente absorbido por esta biomasa y el ciclo, por lo tanto, es cerrado. La diferencia con el petróleo que también es materia orgánica que ha absorbido CO₂ es el tiempo del proceso de absorción y de generación. Mientras que el petróleo necesita millones de años para generarse, la biomasa como puede ser astilla, leña, pellets, absorben CO₂ durante todo su proceso de vida y se pueden generar a voluntad de manera muy sencilla.

Los tipos más conocidos de biomasa son los siguientes:

- Pellets: Los pellets son residuos de serrín compactado formando pequeños cilindros. Proviene del serrín natural seco que resulta como residuo de algunas industrias madereras. Se forman sometiendo este serrín a gran presión para que forme un cilindro muy compactado sin aglomerante artificial sino la propia lignina natural procedente de la madera. Esta gran compactación es lo que otorga a los pellets una gran densidad y dureza que a su vez se traduce un gran poder calorífico.



Figura 1.33: Pellets (<https://tiendabiomasa.com/pellet>)

- Astilla: Las astillas de madera son trozos pequeños de entre 5 y 100 mm de longitud, cuya calidad depende fundamentalmente de la materia prima de la que proceden, de su recogida y de la tecnología de astillado para procesarlas. Son menos densas y tienen un poder calorífico un poco menor que los pellets, pero también son más baratas.



Figura 1.34: Astillas (<https://www.greenheiss.com/calidad-astillas-biomasa/>)

- Hueso de aceituna: Se trata de un combustible de biomasa con un gran poder calorífico, mayor que el de la astilla, debido a su densidad y proviene de la industria olivera. Su uso es interesante debido a que no necesita producción y suele ser un residuo desechable ya que no se puede comer.

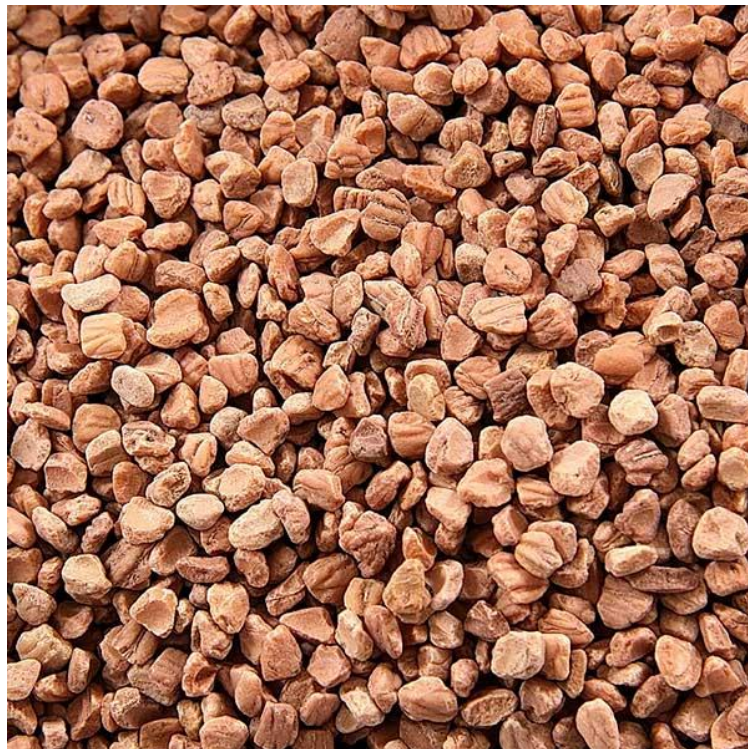


Figura 1.35: Hueso de aceituna (<https://biomassenergetic.com/es/producto/1050-kg-de-hueso-de-aceituna-70-sacos-de-15-kg-u/>)

- Leña: La leña es el biocombustible más antiguo y más utilizado a nivel mundial. Como biocombustible para calderas resulta interesante en su formato de briquetas o leña seca ya que tiene un gran poder calorífico y resulta muy barato. La mejor madera para utilizar como combustible

suele ser la del olivo, encina o carrasca. Su mayor inconveniente es que existen pocas calderas que automaticen el suministro de leña y ha de hacerse de manera manual.



Figura 1.36: Leña en forma de briquetas (Fuente: <https://www.greenheiss.com/calidad-de-la-leña/>)

1.11.3. Instalación actual

Como se ha comentado anteriormente, la instalación actual a sustituir consta de una caldera de gasoil que alimenta tanto el sistema ACS como la climatización del Museo.



Figura 1.37: Caldera de gasoil a sustituir (Fuente: Propia)

MEMORIA

El propósito de la empresa instaladora es modernizar la instalación sustituyendo la caldera de gasoil por una de biomasa sin sustituir los elementos radiantes en el caso de la climatización.

1.11.4. Cálculo potencia térmica de la caldera

Con tal de realizar una sustitución técnicamente correcta se realiza un estudio ingenieril que permita determinar la potencia que necesitará la caldera para abastecer tanto el sistema de radiadores (climatización) como el sistema de ACS.

1.10.4.1 Climatización

En cuanto a la potencia de la instalación de climatización se realiza un cálculo inverso. Ya que no se pretende sustituir los radiadores, se va a determinar la potencia que necesita la caldera para que todos los radiadores emitan la energía con un funcionamiento normal.

La instalación de climatización está formada por 20 radiadores de hierro fundido distribuidos por la planta baja del Museo. No todos los radiadores tienen los mismos elementos, por lo que hay que contabilizarlos por separado.

Por un lado, se tienen dos radiadores con 8 y 6 elementos ubicados en la parte de las escaleras de la planta baja.



Figura 1.38: Radiadores en la parte de la escalera (Fuente: propia)

Por otro lado, se tienen 18 radiadores de 10 elementos cada uno distribuidos a lo largo de la planta baja.

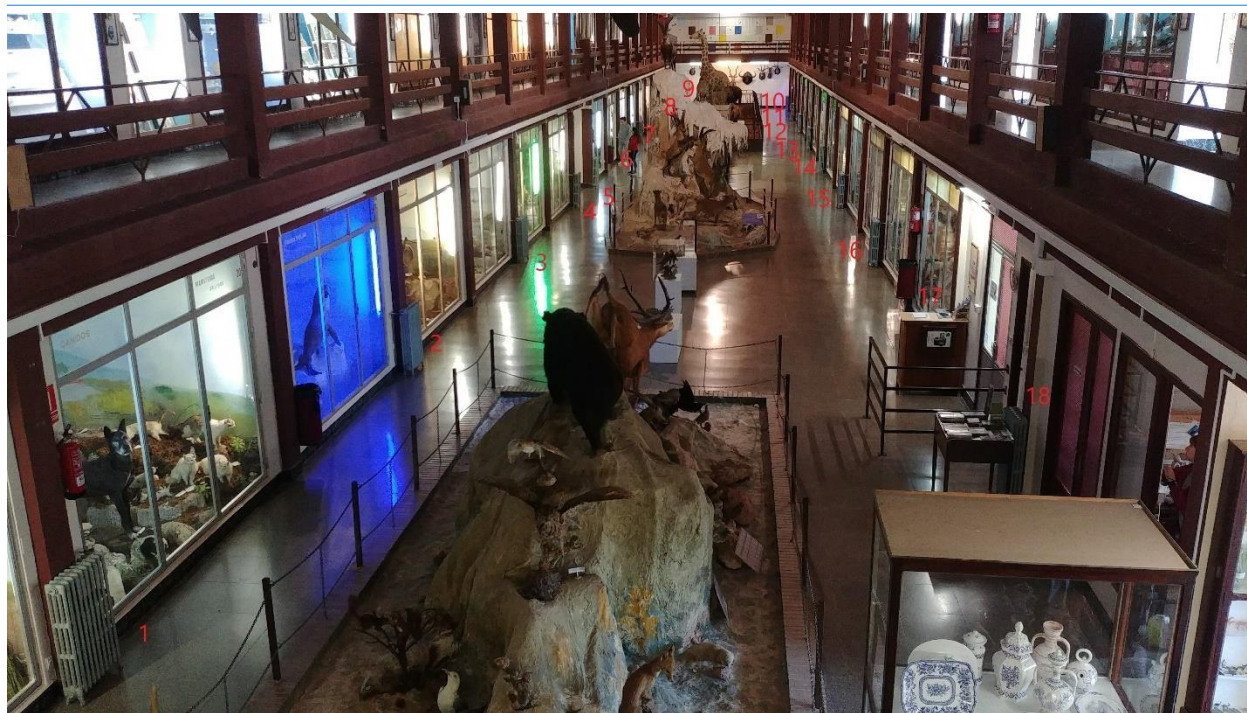


Figura 1.39: Radiadores numerados repartidos a lo largo de la planta baja (Fuente: propia)

Una vez conocidos la cantidad de elementos totales, en este caso, 194 elementos, se procede a, mediante la ficha técnica correspondiente, determinar la potencia por elemento que al multiplicarlo por el total de elementos dará como resultado la potencia total que necesitaría la caldera para alimentar a todos los radiadores presentes en el Museo.

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h		Exponente "n" de la curva característica
	A	B	C	D			(1)	(2)	
NEO CLASICO 4 columnas NC33-4	288	218	140	50	0,40	2,58	47,7	34,1	1,263
NC46-4	420	350	140	50	0,49	3,19	68,3	48,6	1,258
NC61-4	571	500	141	55	0,68	4,65	96,8	68,4	1,294
NC75-4	665	595	141	55	0,74	5,25	112,9	78,3	1,309
NC95-4	871	801	141	55	0,86	6,89	144,7	99,3	1,345

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para $\Delta t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (A título informativo)

(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para $\Delta t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

$\Delta t = (T. \text{ media radiador} - T. \text{ ambiente})$ en $^{\circ}\text{C}$

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Figura 1.40: Tabla características radiadores hierro fundido (Fuente:

https://www.construmatica.com/archivos/26204/emisores/radiadores_de_hierro_fundido/neo_clasico_y_duba.pdf)

Las características equivalentes para los radiadores presentes en el Museo serían las del modelo NC95-4. La temperatura de trabajo de los radiadores será de 60°C por lo que el incremento de temperatura (ΔT)

MEMORIA

teniendo en cuenta que la temperatura media ambiente en Castellón en enero es de 10,6°C (obtenido de la guía técnica “*Condiciones climáticas exteriores de proyecto*” del IDEA) será de 50°C.

Con este último dato se extrae que la potencia por elemento es de 99,3 kcal/h. Esto en W equivale a **115,49 W**. Para que cada elemento emita esa energía se necesitará una potencia total de **22,405 kW**.

1.10.4.2 ACS

En este apartado se va a calcular la contribución de la caldera para calentar el agua sanitaria, esto es, la potencia que ha de aportar la caldera para el uso del agua en el Museo. Para realizar este cálculo se va a seguir la Guía Técnica Agua Caliente Sanitaria Central del IDAE.

En primer lugar, es necesario determinar el tipo de instalación, que en este caso será producción de ACS con acumulación, debido a que esta modalidad asegura atender la demanda punta de ACS durante una hora.

El conjunto de locales o zonas con uso de ACS en el Museo se resume a continuación:

- Baño personal:
 - 1 x Lavabo
 - 1 x Ducha
- Aseo Hombres:
 - 3 x Lavabo
- Aseo Mujeres:
 - 3 x Lavabo

A continuación, hay que determinar el caudal total que existirá en la instalación, así como el caudal instantáneo. Para ello, se va a hacer uso del caudal estipulado para cada aparato en el Código Técnico de la Edificación en su documento HS4 “Instalaciones de Salubridad: Suministro de agua”. El cálculo y las fórmulas utilizadas se han desarrollado en el Anexo de este documento. Se obtiene la siguiente tabla resumen:

Cálculo de los caudales (l/s) y aparatos Museo de Ciencias Naturales				
Zonas y locales		ACS		
		Aparatos	Q unitario	Q total
Baño personal	Ducha	1	0,1	0,1
	Lavabo	1	0,065	0,065
Total Baño personal		2	-	0,165

Aseo hombres	Lavabo	3	0,065	0,195
Total Aseo Hombres		3	-	0,195
Aseo mujeres	Lavabo	3	0,065	0,195
Total Aseo Mujeres		3	-	0,195
TOTAL MUSEO		8	-	0,555

Tabla 1.20: Cálculo caudal (l/s) de los aparatos del Museo

Observando la tabla resumen de caudales por aparato se obtiene un caudal total Q_t de **0,555 l/s**.

Aplicando coeficientes de simultaneidad, ya que el consumo no se producirá todo a la misma vez, se obtiene un caudal simultáneo Q_c de **0,399 l/s**.

Una vez se conoce el caudal simultaneo y sabiendo que el sistema será con acumulación, es necesario conocer el volumen de ACS que debe tener el depósito de inercia o acumulador para satisfacer al menos 1 hora de demanda punta Q_{punta} . Se obtiene con una multiplicación entre el caudal simultaneo y 3600 segundos que es lo que tiene una hora. El resultado obtenido es de **1440 litros**. Habitualmente no se tendrá el caudal calculado ya que corresponde con un momento determinado de consumo punta, por lo tanto, para ajustar el precio de la instalación se decide instalar un depósito de inercia de 1000 litros que atiende a diseños de fabricantes y además cubrirá un consumo elevado de ACS sin necesidad de accionamiento de la caldera.

En cuanto a la potencia necesaria de la caldera para satisfacer las necesidades energéticas de ACS, siguiendo la Guía Técnica mencionada anteriormente, y considerando unas pérdidas en todo el sistema de un 20% se obtiene que la potencia requerida son **36,88 kW**.

1.10.4.3 Potencia total de la caldera

Tras realizar los cálculos de la potencia necesaria para climatización y para producción de ACS se obtiene que la suma de las dos potencias da como resultado **59,28 kW**. Por lo tanto, ya que no existen calderas con esa potencia en el mercado debido a que suelen ir en múltiplos de 10, se redondea hacia el múltiplo inmediatamente superior, en este caso, 60 kW. Esta será la potencia que tendrá la caldera utilizada.

1.11.5. Elección caldera de biomasa

Una vez conocida la potencia que ha de satisfacer la caldera se puede proceder a elegir el modelo que más se ajuste a requisitos de diseño o económicos.

La caldera de biomasa ha de ser de combustible de pellets por requisitos de diseño impuesto por cliente. La caldera elegida ha sido la siguiente:

-
- PelleTech Multiauto 38 – 60 kW:
 - Flexibilidad en los combustibles, ya que es capaz de quemar casi cualquier tipo de combustible granulado (hasta un 30% de humedad), y a su vez troncos de leña.
 - Quemador de configuración horizontal con sistema de limpieza automática
 - Incorpora dos resistencias eléctricas de 300W
 - Sistema de limpieza completamente automático de cámara combustión e intercambiador de calor
 - Extracción automática de cenizas
 - Sistema de alimentación completamente automático con sistema de seguridad anti retroceso de llama
 - Eficiencia de hasta el 92%
 - Muy baja temperatura de humos (alrededor de 110 ° C)
 - Fácil de usar, intuitiva y personalizable
 - Incorpora kit hidráulico compuesto por purgador, manómetro y válvula de seguridad
 - Silo integrado de 143, 160, 182 o 215 litros



Figura 1.41: Caldera PelleTech Multiauto 38 – 60 kW (Fuente: Catálogo Pelletech)

1.11.6. Componentes instalación caldera biomasa

Para hacer funcionar la instalación térmica de este proyecto es necesario contar con una serie de elementos que garantizan el buen funcionamiento de esta.

Alguno de los componentes esenciales para el funcionamiento y su cometido en la instalación se explica a continuación:

- **Bomba de recirculación:** Este componente de la instalación es necesario para hacer circular el agua que está siendo calentada en la caldera y hacerla pasar por el intercambiador presente en el depósito de inercia, de tal manera que esta agua cede su energía calorífica al agua presente en el depósito de inercia.



Figura 1.42: Bomba de recirculación (Fuente: Propia)

- Válvulas: Las válvulas en la instalación sirven para regular el caudal en las tuberías y poder realizar cortes en momentos en los que por peligro de daño al sistema o a las personas sea necesario cortar el caudal de agua completamente. También son necesarias para poder realizar tareas de mantenimiento sin tener que vaciar el sistema completo.

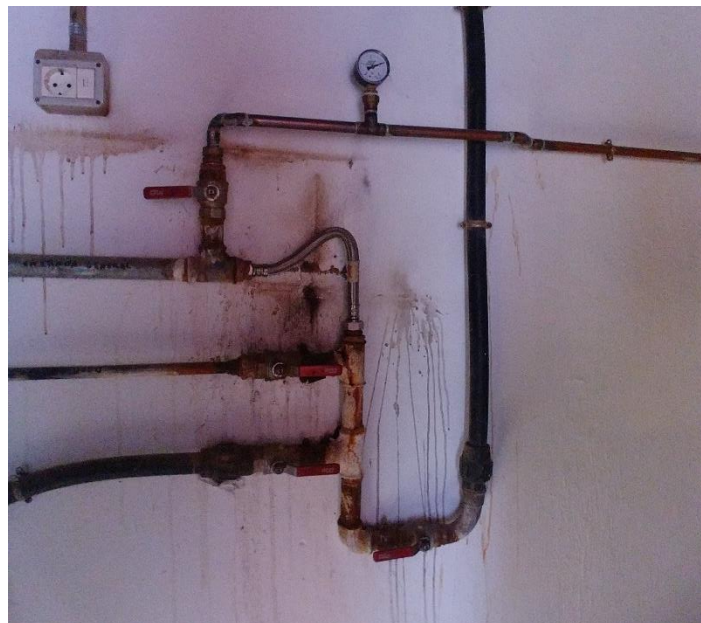


Figura 1.43: Válvulas varias (Fuente: Propia)

- Vaso de expansión: Este componente es esencial para regular los cambios de temperatura experimentados en instalaciones de este estilo. Al calentarse el líquido se expande y al enfriarse se contrae, el vaso de expansión garantiza la absorción de esas variaciones con el objetivo de proteger las tuberías y los componentes de la instalación en general.



Figura 1.44: Vaso de expansión (Fuente: Propia)

- Depósito o acumulador de inercia: Este componente no es esencial, pero ayuda a mejorar el rendimiento de la caldera y de la instalación en general ya que actúa como un depósito de energía que hace que la caldera no haya de estar en ON/OFF en todo momento cuando se le requiera su funcionamiento, sino que solo ha de encenderse cuando la temperatura dentro del depósito de inercia baje.



Figura 1.45: Depósito de inercia (Fuente: Propia)

1.11.7. Estudio económico instalación caldera de biomasa

El cambio de la caldera de gasoil anteriormente instalada en el Museo por una de biomasa se realiza por varios motivos entre los que se incluyen: una mayor sostenibilidad y una producción de ACS y de climatización más barata.

En este apartado se va a estudiar el impacto económico que tendrá este cambio para el cliente y los parámetros económicos resultantes de la instalación.

En la sección de Anexos de este proyecto se han realizado los cálculos correspondientes para obtención del flujo de caja y el balance económico a 20 años, que es la vida útil supuesta de la caldera. Se han tenido en cuenta los siguientes condicionantes:

- IPC (aplicado al coste combustible fósil): 3%/año
- Subvención del IVACE: 50% del coste total del proyecto.
- Coste de mantenimiento de la instalación: 200€/año (sujeto a IPC).

Con estos condicionantes y teniendo en cuenta la inversión inicial y el ahorro calculado anual entre la instalación anterior y la actual se obtiene la siguiente tabla de representativa del flujo económico:

MEMORIA

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	15.966,86 €				-15.966,86 €	-15.966,86 €
1	- 7.783,43 €	798,34 €	2.229,99 €	1.331,64 €	2.129,99 €	- 6.851,79 €
2	206,00 €	822,29 €	2.296,89 €	1.268,59 €	2.090,89 €	- 5.583,19 €
3	212,18 €	846,96 €	2.365,79 €	1.306,65 €	2.153,61 €	- 4.276,54 €
4	218,55 €	872,37 €	2.436,77 €	1.345,85 €	2.218,22 €	- 2.930,70 €
5	225,10 €	898,54 €	2.509,87 €	1.386,22 €	2.284,77 €	- 1.544,47 €
6	231,85 €	925,50 €	2.585,16 €	1.427,81 €	2.353,31 €	- 116,66 €
7	238,81 €	953,26 €	2.662,72 €	1.470,65 €	2.423,91 €	1.353,99 €
8	245,97 €	981,86 €	2.742,60 €	1.514,77 €	2.496,63 €	2.868,75 €
9	253,35 €	1.011,32 €	2.824,88 €	1.560,21 €	2.571,53 €	4.428,96 €
10	260,95 €	1.041,66 €	2.909,63 €	1.607,01 €	2.648,67 €	6.035,98 €
11	268,78 €	1.072,91 €	2.996,91 €	1.655,23 €	2.728,13 €	7.691,20 €
12	276,85 €	1.105,09 €	3.086,82 €	1.704,88 €	2.809,98 €	9.396,08 €
13	285,15 €	1.138,25 €	3.179,43 €	1.756,03 €	2.894,27 €	11.152,11 €
14	293,71 €	1.172,39 €	3.274,81 €	1.808,71 €	2.981,10 €	12.960,82 €
15	302,52 €	1.207,57 €	3.373,05 €	1.862,97 €	3.070,54 €	14.823,79 €
16	311,59 €	1.243,79 €	3.474,25 €	1.918,86 €	3.162,65 €	16.742,65 €
17	320,94 €	1.281,11 €	3.578,47 €	1.976,43 €	3.257,53 €	18.719,08 €
18	330,57 €	1.319,54 €	3.685,83 €	2.035,72 €	3.355,26 €	20.754,79 €
19	340,49 €	1.359,13 €	3.796,40 €	2.096,79 €	3.455,92 €	22.851,58 €
20	350,70 €	1.399,90 €	3.910,29 €	2.159,69 €	3.559,59 €	25.011,28 €

Tabla 1.21: Balance económico instalación caldera biomasa a 20 años

Para observar de manera más gráfica el balance económico se construye el siguiente gráfico:

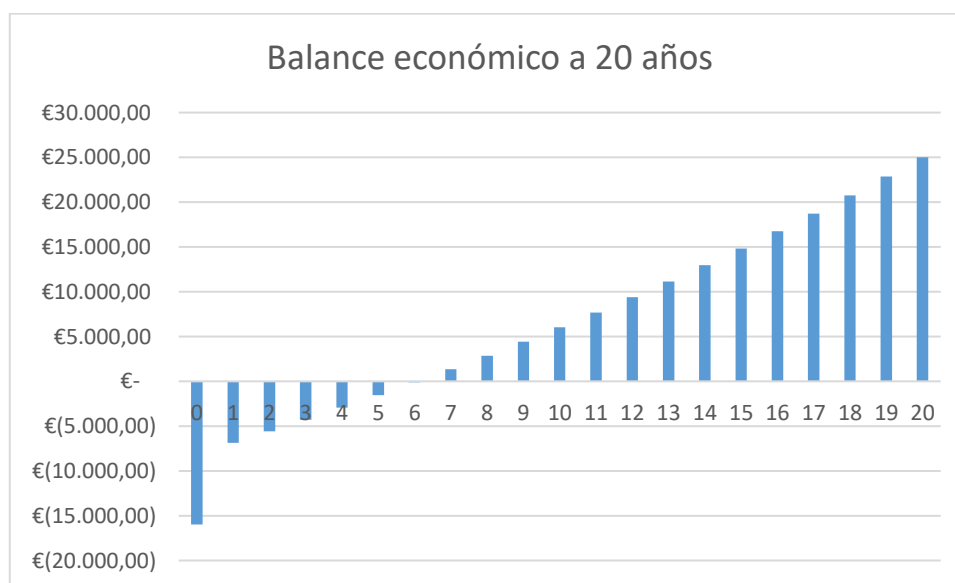


Figura 1.46: Gráfico del balance económico de la instalación de caldera de biomasa a 20 años

MEMORIA

Cabe destacar que solo a simple vista ya parece resultar una instalación rentable y con una recuperación de lo invertido relativamente rápida.

Para confirmar que realmente se trata de una inversión rentable, se calculan los parámetros financieros ya calculados en este proyecto para la instalación fotovoltaica:

- TIR
- VAN
- Payback o periodo de retorno

- Parámetros financieros	
TIR	14%
VAN	6.894,72 €
Payback	6,01 años

Tabla 1.22: Parámetros financieros instalación caldera biomasa

Se observa que los parámetros financieros establecen la inversión objeto de este proyecto como una inversión rentable debido a que el TIR resulta mayor que el valor del IPC anual, el VAN resulta un valor positivo y el periodo de retorno es relativamente bajo en comparación con la vida útil de la instalación.

II. ANEXO 1: Cálculos

ÍNDICE ANEXOS 1: Cálculos

2.1. Dimensionamiento instalación fotovoltaica	76
2.1.1. Cálculo potencia instalación actual	76
2.1.2. Cantidad módulos solares instalación actual	81
2.1.3. Configuración módulos solares instalación actual	81
2.1.4. Configuración strings al inversor instalación actual	84
2.1.5. Dimensionamiento cableado	84
2.1.6. División de tramos de conductores	88
2.1.7. Cableado toma tierra	92
2.1.8. Dimensionamiento de protecciones de la instalación	93
2.2. Estudio de viabilidad económica de instalación actual	95
2.3. Estudio de alternativas a la instalación actual	99
2.3.1. Dimensionamiento Alternativa 1: 80% contribución solar	99
2.3.2. Cálculo económico Alternativa 2: baterías de litio en instalación actual	104
2.3.3. Cálculo económico Alternativa 3: baterías de litio con 80% contribución fotovoltaica	107
2.4. Cálculo potencia caldera de biomasa	109
2.4.1. Cálculo de potencia de la caldera de biomasa para climatización	109
2.4.2. Cálculo de potencia caldera biomasa para ACS	110
2.5. Cálculo económico instalación caldera de biomasa	115
2.5.1. Demanda energética de ACS y climatización	115
2.5.2. Consumo de combustible	116
2.5.3. Comparativa combustibles	116
2.5.4. Flujo económico a 20 años	117

2.1. Dimensionamiento instalación fotovoltaica

En este apartado se llevará a cabo los diferentes cálculos necesarios para determinar las principales características de la instalación FV. Los puntos importantes a averiguar en una instalación tipo son en primer lugar la radiación que recibirá el lugar en el que se va a realizar la instalación, el espacio disponible, la potencia pico a instalar y finalmente el número de paneles e inversores a instalar.

2.1.1. Cálculo potencia instalación actual

Como se ha comentado anteriormente, las necesidades de producción solar del museo se han establecido en 8000 kWh anuales aproximadamente que corresponden al 60 % del consumo medio anual del museo. Utilizando este dato y obteniendo otros como la irradiancia, temperatura, etc. de la prestigiosa base de datos PVGIS, podemos calcular el dimensionamiento correcto para esta instalación.

En concreto, la ecuación que utilizamos es la siguiente:

$$\text{Energía} = P_{\text{pico instalada}} \cdot HSP_{\text{modificada}} \cdot K_{\text{inclinacion}} \cdot \text{Días mes} \quad (1)$$

Donde,

Energía: producción de la instalación solar FV real, en kWh

P_{pico instalada}: potencia pico del campo generador FV, en kW

HSP_{modificada}: Horas Pico Solares aprovechables por la instalación, en h/día

K_{inclinación}: factor de corrección del ángulo de las placas

Días mes: Días de cada mes

Disponemos del dato de la energía necesaria a aportar por el campo FV mensual, la K_{inclinación} es conocida por tablas estándar para cada ciudad, los días de cada mes son conocidos y habría que calcular el HSP_{modificada} que se obtendrá de la siguiente manera.

$$HSP_{\text{modificada}} = HSP \cdot PR \quad (2)$$

Donde,

HSP: Horas solares pico máximas, en h/día

PR: Performance Ratio

Las HSP es una unidad de medida que cuantifica la irradiación solar. Hace referencia al tiempo en horas que una superficie de 1 m² está recibiendo una potencia solar de 1000 W, o lo que es lo mismo mide el tiempo en horas en el que se recibe una irradiación de 1000 W/m². Por ello 1 HSP equivale a 3,6 MJ/m² o

1kWh/m². Este dato lo podemos obtener de tablas estándar de irradiación global en plano horizontal en MJ/m².

El PR es un rendimiento global de la instalación que se obtiene teniendo en cuenta todas las pérdidas del sistema, esto es, pérdidas de potencia en el cableado de corriente continua entre los paneles fotovoltaicos y la entrada del inversor, pérdidas de potencia por dispersión de parámetros entre módulos, pérdidas por rendimiento del inversor, pérdidas de potencia debidas al polvo y la suciedad sobre los módulos fotovoltaicos y sombreados o pérdidas mensuales por temperatura. Para obtenerlo habrá que calcular todas las pérdidas:

$$PR = (1 - L_{cab}) \cdot (1 - L_{dis}) \cdot (1 - L_{inv}) \cdot (1 - L_{pol}) \cdot (1 - L_{tem}) \quad (3)$$

Donde,

L_{cab}: Pérdidas de potencia en el cableado de corriente continua entre los paneles fotovoltaicos y la entrada del inversor, incluyendo las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, diodos antiparalelo en caso de que se dispongan, etc. Todavía no hemos calculado las pérdidas debidas al cableado con lo que se utilizará un valor medio proporcionado por el “Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red” del IDAE.

L_{dis}: Pérdidas de potencia por dispersión de parámetros entre módulos. Lo obtenemos del IDAE también como valor anual.

L_{inv}: Pérdidas por rendimiento del inversor. Este dato lo proporciona la ficha técnica del inversor utilizado.

L_{pol}: Pérdidas de potencia debidas al polvo y la suciedad sobre los módulos fotovoltaicos. Obtenido del IDAE.

L_{tem}: Pérdidas por temperatura. Este dato se puede calcular gracias a la ficha técnica del módulo que se va a utilizar y además a las tablas de temperatura ambiental media mensual.

$$L_{tem} = g \cdot (T_c - 25) \quad (4)$$

Donde,

g: Coeficiente de temperatura de la potencia, en 1/ °C. Proporcionado por la ficha técnica del módulo.

T_c: Temperatura de las células solares, en °C. Se obtiene mediante la fórmula (5).

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) E / 800 \quad (5)$$

Donde,

T_{amb}: Temperatura ambiente en la sombra, en °C, proporcionada por tabas.

TONC: Temperatura de operación nominal del módulo, proporcionado por la ficha técnica, en °C

E: Irradiancia solar, en W/m², se consideran condiciones estándar, esto es 1000 W/m²

Rango temporal: Mensuales Inicio: 1 2015 Fin: 12 2015 Calcular

Seleccione el tipo de datos a visualizar: ☒ Temperatura ☐ Humedad ☐ Viento ☐ ETo ☐ Otros

Provincia	Termino	Estación	Mes	Año	Temp media de las medias	Temp máxima de las medias	Temp media de las máximas	Temp máxima de las máximas	Temp mínima de las medias	Temp media de las mínimas	Temp mínima de las mínimas
Castelló	Onda	Onda	1	2015	10.12	17.55	16.7	22.81	5.76	4.46	0.77
Castelló	Onda	Onda	2	2015	9.6	15.97	15.23	23.54	3.59	4.24	-1.64
Castelló	Onda	Onda	3	2015	12.54	20.3	18.35	29.62	8.56	6.91	2.24
Castelló	Onda	Onda	4	2015	14.81	19.11	20.41	26.61	10.99	9.5	5.64
Castelló	Onda	Onda	5	2015	19.53	27.14	25.83	41.33	15.29	13.16	10.12
Castelló	Onda	Onda	6	2015	22.61	26.27	28.43	32.22	18.54	16.78	14.13
Castelló	Onda	Onda	7	2015	26.21	28.01	31.4	34.3	22.68	21.04	16.06
Castelló	Onda	Onda	8	2015	24.51	27.56	29.61	35.97	21.45	19.79	16.53
Castelló	Onda	Onda	9	2015	20.74	25.28	26.29	31.24	16.42	16.27	12.87
Castelló	Onda	Onda	10	2015	17.38	24.39	22.35	31.1	14.16	13.36	8.39
Castelló	Onda	Onda	11	2015	14.26	18.61	20.04	24.41	7.69	9.46	2.31
Castelló	Onda	Onda	12	2015	11.48	14.65	17.65	20.66	9.36	7.22	4.25

Figura 2.1: Datos de temperatura ambiente media en 2015 en Onda (Fuente: <http://riegos.ivia.es/datos-meteorologicos>)

Altitud, latitud, longitud y temperatura mínima histórica (la más baja que se haya medido desde el primer año del que se conservan registros de datos).

PROVINCIA	ALTITUD (m) (de la capital)	LATITUD (°) (de la capital)	LONGITUD (°) (de la capital)	TEMP. MÍNIMA HISTÓRICA (°C)
1 ÁLAVA	542	42,9	2,7 W	-18
2 ALBACETE	686	39,0	1,8 W	-23
3 ALICANTE	7	38,4	0,5 W	-5
4 ALMERÍA	65	36,9	2,4 W	-1
5 ASTURIAS	232	43,4	5,8 W	-11
6 ÁVILA	1126	40,7	4,9 W	-21
7 BADAJOZ	186	38,9	7,0 W	-6
8 BALEARES	28	39,6	2,6 E	-4
9 BARCELONA	95	41,4	2,2 E	-7
10 BURGOS	929	42,3	3,7 W	-18
11 CÁCERES	459	39,5	6,4 W	-6
12 CÁDIZ	28	36,5	6,3 W	-2
13 CANTABRIA	69	43,5	3,8 W	-4
14 CASTELLÓN	27	40,0	0	-8
15 CEUTA	206	35,9	5,3 W	-1
16 CIUDAD REAL	628	39,0	3,9 W	-10

Figura 2.2: Datos de temperatura ambiente mínima histórica (Fuente: CENSOLAR)

Energía en megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. (Fuente: CENSOLAR).

Nota: También se podrán tomar en consideración los valores indicados en la norma UNE 94003.

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
1	ÁLAVA	4,6	6,9	11,2	13	14,8	16,6	18,1	17,3	14,3	9,5	5,5	4,1	11,3
2	ALBACETE	6,7	10,5	15	19,2	21,2	25,1	26,7	23,2	18,8	12,4	8,4	6,4	16,1
3	ALICANTE	8,5	12	16,3	18,9	23,1	24,8	25,8	22,5	18,3	13,6	9,8	7,6	16,8
4	ALMERÍA	8,9	12,2	16,4	19,6	23,1	24,6	25,3	22,5	18,5	13,9	10	8	16,9
5	ASTURIAS	5,3	7,7	10,6	12,2	15	15,2	16,8	14,8	12,4	9,8	5,9	4,6	10,9
6	ÁVILA	6	9,1	13,5	17,7	19,4	22,3	26,3	25,3	18,8	11,2	6,9	5,2	15,1
7	BADAJOS	6,5	10	13,6	18,7	21,8	24,6	25,9	23,8	17,9	12,3	8,2	6,2	15,8
8	BALEARES	7,2	10,7	14,4	16,2	21	22,7	24,2	20,6	16,4	12,1	8,5	6,5	15
9	BARCELONA	6,5	9,5	12,9	16,1	18,6	20,3	21,6	18,1	14,6	10,8	7,2	5,8	13,5
10	BURGOS	5,1	7,9	12,4	16	18,7	21,5	23	20,7	16,7	10,1	6,5	4,5	13,6
11	CÁCERES	6,8	10	14,7	19,6	22,1	25,1	28,1	25,4	19,7	12,7	8,9	6,6	16,6
12	CÁDIZ	8,1	11,5	15,7	18,5	22,2	23,8	25,9	23	18,1	14,2	10	7,4	16,5
13	CANTABRIA	5	7,4	11	13	16,1	17	18,4	15,5	13	9,5	5,8	4,5	11,3
14	CASTELLÓN	8	12,2	15,5	17,4	20,6	21,4	23,9	19,5	16,6	13,1	8,6	7,3	15,3
15	CEUTA	8,9	13,1	18,6	21	24,3	26,7	26,8	24,3	19,1	14,2	11	8,6	18,1
16	CIUDAD REAL	7	10,1	15	18,7	21,4	23,7	25,3	23,2	18,8	12,5	8,7	6,5	15,9
17	CÓRDOBA	7,2	10,1	15,1	18,5	21,8	25,9	28,5	25,1	19,9	12,6	8,6	6,9	16,7

Figura 2.3: Datos de energía incidente en 1m² de sup. horizontal, en MJ/m² (Fuente: CENSOLAR)

LATITUD = 40°

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,07	1,06	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09
10	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,02	1,03	1,06	1,1	1,14	1,17	1,16
15	1,2	1,16	1,12	1,07	1,03	1,02	1,04	1,08	1,14	1,21	1,25	1,24
20	1,25	1,2	1,14	1,08	1,03	1,02	1,03	1,09	1,17	1,26	1,32	1,3
25	1,3	1,23	1,16	1,08	1,02	1	1,02	1,09	1,19	1,3	1,38	1,36
30	1,34	1,26	1,17	1,07	1,01	0,98	1,01	1,09	1,2	1,34	1,43	1,41
35	1,37	1,28	1,17	1,06	0,98	0,95	0,98	1,07	1,21	1,37	1,47	1,45
40	1,39	1,29	1,16	1,04	0,95	0,92	0,95	1,05	1,21	1,39	1,5	1,48
45	1,4	1,29	1,15	1,01	0,91	0,88	0,92	1,03	1,2	1,39	1,52	1,5
50	1,41	1,28	1,13	0,98	0,87	0,83	0,87	0,99	1,18	1,39	1,54	1,52
55	1,4	1,27	1,1	0,94	0,82	0,78	0,82	0,95	1,15	1,38	1,54	1,52
60	1,39	1,24	1,07	0,89	0,77	0,72	0,77	0,9	1,12	1,36	1,53	1,51

Figura 2.4: Datos del factor de corrección según la inclinación de las placas (Fuente: CENSOLAR)

Con las ecuaciones anteriores se puede calcular la potencia pico mensual que sería necesaria instalar para satisfacer las necesidades energéticas mensuales. Con esos resultados se hará la media y esa será la potencia pico elegida.

Mes	T _{ambiente} 2015 (°C)	T _{célula} (°C)	Irradiancia (W/m ²)	(1-L _{cab})	(1-L _{dis})	(1-L _{inv})	(1-L _{pol})	(1-L _{tem})	PR
Ene	10,12	43,87	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,92	0,82

ANEXOS

Feb	9,60	43,35	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,92	0,82
Mar	12,54	46,29	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,90	0,81
Abr	14,81	48,56	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,89	0,80
May	19,53	53,28	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,87	0,78
Jun	22,61	56,36	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,86	0,77
Jul	26,21	59,96	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,84	0,75
Ago	24,51	58,26	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,85	0,76
Sep	20,74	54,49	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,87	0,78
Oct	17,38	51,13	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,88	0,79
Nov	14,26	48,01	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,90	0,80
Dic	11,48	45,23	1000,00	0,98	0,98	0,96	0,97	0,91	0,81

Tabla 2.1: Cálculo rendimiento general instalación

Mes	Energía consumida (kWh)	Ener.nec. prod. (kWh)	Irradiación (MJ/m ²)	HSP _{max} (h/día)	PR	HSP _{modf} (h/día)	K _{inc}	Días mes	P _{pico} (W)
Ene	637,00	382,20	8,00	2,22	0,82	1,82	1,34	31,00	5059,18
Feb	745,00	447,00	12,20	3,39	0,82	2,78	1,26	28,00	4556,76
Mar	1218,00	730,80	15,50	4,31	0,81	3,48	1,17	31,00	5787,15
Abr	1218,00	730,80	17,40	4,83	0,80	3,86	1,07	30,00	5891,47
May	896,00	537,60	20,60	5,72	0,78	4,47	1,01	31,00	3844,43
Jun	941,00	564,60	21,40	5,94	0,77	4,57	0,98	30,00	4205,86
Jul	1452,00	871,20	23,90	6,64	0,75	5,00	1,01	31,00	5561,37
Ago	2456,00	1473,60	19,50	5,42	0,76	4,12	1,09	31,00	10587,09
Sep	1242,00	745,20	16,60	4,61	0,78	3,58	1,20	30,00	5787,66
Oct	1001,00	600,60	13,10	3,64	0,79	2,87	1,34	31,00	5034,80

Nov	750,00	450,00	8,60	2,39	0,80	1,92	1,43	30,00	5476,91
Dic	862,00	517,20	7,30	2,03	0,81	1,65	1,41	31,00	7178,19

Tabla 2.2: Cálculo potencia pico mensual contribución solar 60%

Se obtiene una potencia pico mensual media de 5,52 kWp \approx 5,5 kWp.

Con este dato queda demostrado que el cálculo del configurador de Fronius utilizado por la empresa instaladora es correcto.

A continuación, tal y como dicta el “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red” del IDEA, se va a calcular el número de paneles y el número de strings.

2.1.2. Cantidad módulos solares instalación actual

En este proyecto se dispone de un modelo de panel y de inversor ya escogidos por lo que el cálculo del número de paneles se realiza dividiendo la potencia pico que necesitamos obtener para generar la energía deseada entre la potencia pico teórica de los módulos.

En este caso:

$$N_{mod} = \frac{P_{pico\ necesaria}}{P_{pico\ módulos}} \quad (6)$$

Donde,

N_{mod} : Número de módulos a instalar

$P_{pico\ necesaria}$: potencia pico del campo generador FV necesaria, en W

$P_{pico\ módulos}$: potencia módulo FV, en W

$$N_{mod} = \frac{5500\ W}{250\ W}$$

Esta operación da como resultado **22 módulos** fotovoltaicos.

2.1.3. Configuración módulos solares instalación actual

A continuación, se ha de buscar la configuración adecuada en cuanto a módulos en serie. Para ello se ha de comprobar que la suma de las tensiones en circuito abierto modificadas por la temperatura mínima a la que pueden estar los módulos en serie sea menor al voltaje máximo de entrada del inversor tal y como expresa la ecuación (9), y a la vez cuente con el mínimo número de módulos para alcanzar el voltaje de arranque del inversor (10).

Para obtener un dato más real en cuanto a voltaje en circuito abierto hay que tener en cuenta el efecto de la temperatura en el módulo ya que el dato proporcionado en la ficha técnica está medido en condiciones estándar STC. Para ello hay que calcular la temperatura mínima que puede alcanzar el módulo ya que será en ese momento cuando el voltaje en circuito abierto sea máximo. Para dicho cálculo se utiliza la ecuación (7) y la (8).

$$V_{oc,Tmin} = V_{oc} + \left(\frac{g}{100}\right) \cdot V_{oc} \cdot (T_{panel,min} - 25\text{ }^{\circ}\text{C}) \quad (7)$$

$$T_{panel,min} = T_{amb,min} + I_{r,min} \cdot \frac{TONC - T_{amb}}{800} \quad (8)$$

Donde,

V_{oc, Tmin}: Tensión en circuito abierto del módulo a la temperatura mínima del módulo, en V

V_{oc}: Tensión en circuito abierto del módulo, en V

g: Coeficiente de temperatura para V_{oc}, en %/°C

T_{panel, min}: Temperatura mínima que alcanza el panel, en °C

T_{amb, min}: Temperatura ambiente mínima que se ha alcanzado en Onda, en °C

I_{r, min}: Irradiancia solar mínima en horas de sol en Onda, en W/m²

TONC: Temperatura de operación nominal del módulo, proporcionado por la ficha técnica, en °C

$$T_{panel,min} = -8\text{ }^{\circ}\text{C} + 490\text{ W/m}^2 \cdot \frac{47\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C}}{800\text{ W/m}^2}$$

$$T_{panel,min} = 8,53\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$V_{oc,Tmin} = 36,99\text{ V} + \left(\frac{-0,33}{100 \cdot 1^{\circ}\text{C}}\right) \cdot 36,99\text{ V} \cdot (8,53\text{ }^{\circ}\text{C} - 25\text{ }^{\circ}\text{C})$$

$$V_{oc,Tmin} = 38,99\text{ V}$$

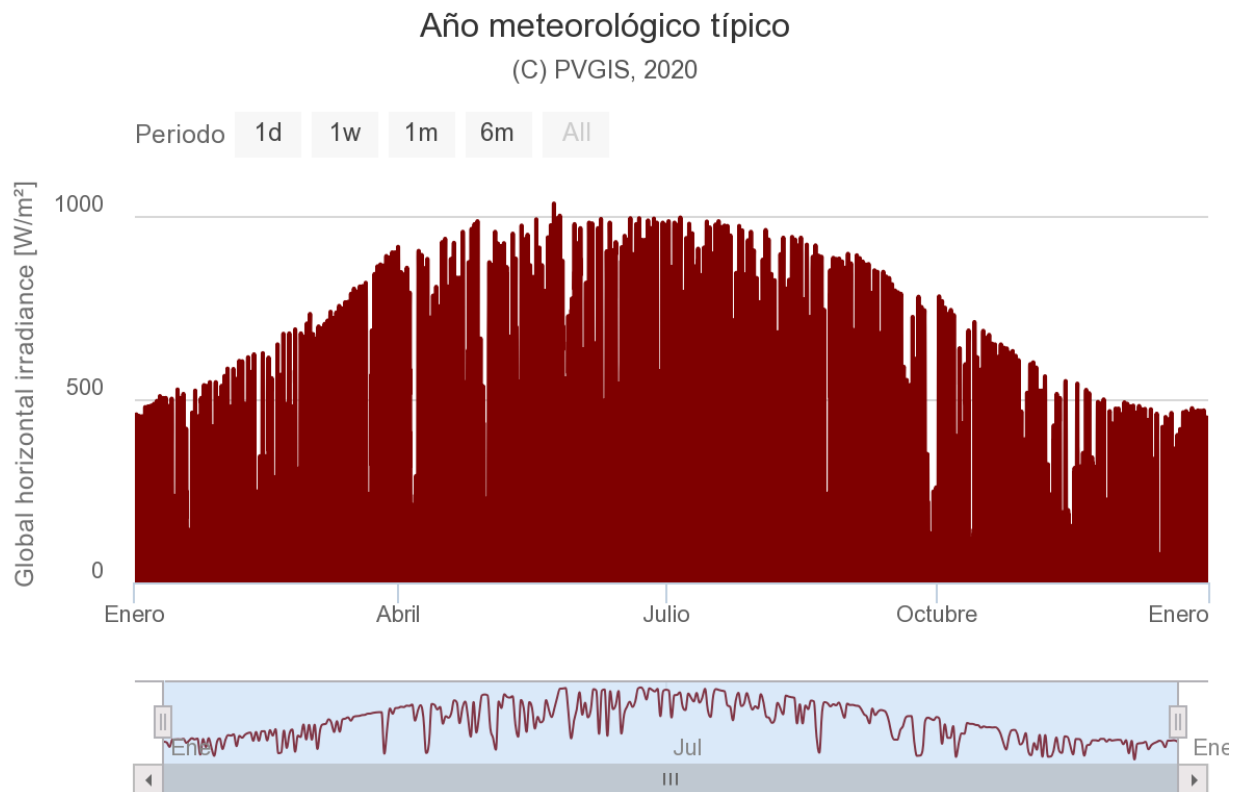


Figura 2.5: Datos irradiancia solar horizontal en W/m² en Onda un año típico (Fuente: PVGIS)

Una vez se tiene el dato de la tensión en circuito abierto modificado por la temperatura mínima que alcanza el panel, es posible hacer cálculos con la ecuación (9) para comprobar la configuración que cumple.

$$V_{mpp\ min} < V_{oc,Tmin1} + V_{oc,Tmin\ n} + V_{oc,Tmin\ n+1} \dots < V_{mpp\ máx} \quad (9)$$

Donde,

V_{mpp min}: Tensión MPPT mínima de entrada al inversor, en V

V_{mpp máx.}: Tensión MPPT máxima de entrada al inversor, en V

V_{oc}: Tensión en circuito abierto del módulo, en V

$$22 \text{ módulos en serie} \rightarrow 320\ V < 857,99\ V < 800\ V$$

$$11 \text{ módulos en serie} \rightarrow 320\ V < 428,99\ V < 800\ V$$

Sustituyendo el resultado de la ecuación (8) en la ecuación (9) se obtiene que un string de 22 módulos en serie no es posible porque el resultado de la suma de los voltajes de los 22 módulos FV exceden el rango superior de entrada de voltaje al inversor. Sin embargo, probando una configuración de 11 módulos en serie se comprueba que el voltaje en circuito abierto está dentro de los límites de entrada de tensión en el inversor.

Otro de los cálculos que hay que realizar es la cantidad de módulos en serie mínimos para conseguir la tensión de arranque del inversor en corriente continua ($V_{dc, arranque}$).

$$N^o_{mod,min} = \frac{V_{dc,arranque}}{V_{mppt}} \quad (10)$$

$$N^o_{mod,min} = \frac{200 V}{31,02 \frac{V}{mód}} = 6,44 \approx 7 \text{ módulos}$$

Por tanto, la configuración de 11 módulos en serie elegida cumple con este requisito también.

2.1.4. Configuración strings al inversor instalación actual

La configuración de los módulos en serie se ha establecido en 11 módulos, por tanto, al contar la instalación con 22 paneles, las ramas o strings serán 2.

Para confirmar que esta configuración es válida para el inversor técnicamente hay que realizar dos comprobaciones en cuanto a corrientes. La primera es que la corriente máxima que alcanzan los paneles en el punto de máxima potencia no supere el valor de corriente continua de entrada del inversor máxima cuyo dato podemos saber de la ficha técnica del inversor, expresado en la ecuación (11). La segunda es que la corriente de cortocircuito de los módulos no supere la corriente de cortocircuito por string máxima (12).

$$I_{MPP} < I_{dc,máx} \quad (11)$$

$$8,06 \text{ A} < 16 \text{ A}$$

Se comprueba que la intensidad MPPT de los módulos es menor que la intensidad en corriente continua máxima admitida por el inversor por string.

$$I_{sc,mod} < I_{sc,máx,inversor} \quad (12)$$

$$8,62 \text{ A} < 24 \text{ A}$$

Los datos han sido obtenidos de las fichas técnicas tanto del inversor como del módulo FV.

El inversor es capaz de aguantar la intensidad de cortocircuito de los módulos, por lo tanto, se concluye que la configuración de 11 módulos en serie con 2 strings es válida.

2.1.5. Dimensionamiento cableado

En este apartado se abarcará el dimensionamiento del cableado de la instalación elegida, esto es, la de 60% de contribución solar. Para realizar el dimensionamiento del cableado se han de utilizar dos criterios, el de caída de tensión y el térmico. Para la parte de corriente continua la caída máxima admisible es de 0,5% y

para la alterna es de 1,5% tal y como marca la ITC-BT-40 del RBT. En cuanto al criterio térmico, lo marcará la intensidad máxima que soportará el conductor elegido.

2.1.5.1. *Criterio de caída de tensión*

En este apartado se explicará cómo calcular la caída de tensión existente en una longitud de conductor dada. Para ello, se utilizan las ecuaciones (13) y (14) en función de si se trabaja en monofásica o trifásica, respectivamente.

$$e(\%) = \frac{2 \cdot P \cdot L}{C \cdot S \cdot U^2} \cdot 100 \quad (13)$$

$$e(\%) = \frac{P \cdot L}{C \cdot S \cdot U^2} \cdot 100 \quad (14)$$

Donde,

e (%) = Caída de tensión en porcentaje.

P = Potencia de carga, en W.

L = Longitud de la línea, en m.

C = Conductividad del cobre, en $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$

S = sección del cable, en mm^2 .

U = Tensión nominal de la línea, en V.

2.1.5.2. *Criterio térmico*

Para llevar a cabo el dimensionamiento del cableado utilizando el criterio térmico habrá que mayorar en un 25% la intensidad máxima que puede circular por esa línea, esto es la I_{sc} y utilizar la tabla mostrada en la figura 15 extraída de la Norma UNE-HD 60364-5-52: 2014 para comprobar si la sección elegida soporta la corriente máxima.

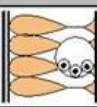


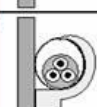
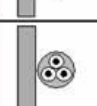
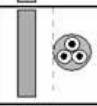
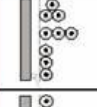
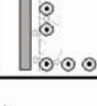
Intensidades admisibles (tabla reducida)													
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ¹² , en montajes superficiales o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos ¹² en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre muro ¹³					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
E		Cables multiconductores al aire libre ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D ₂ ¹⁵						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D ₂ ¹⁵							3x PVC			3x XLPE o EPR(1)	
G		Cables unipolares separados un mínimo de D ₂ ¹⁵								3x PVC(1)		3x XLPE o EPR	
Cobre		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
Aluminio		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
		300				360	404	423	484	524	565	640	821
		2,5	11,5	12	13,5	14	16	17,5	-	20	22	25	-
		4	15	16	18,5	19	22	24	-	25	29	35	-
		6	20	21	24	25	28	30	-	35	38	45	-
		10	27	28	32	34	38	42	-	47	53	61	-
		16	36	38	42	46	51	56	-	65	70	83	-
		25	46	50	54	61	64	71	73	82	88	94	126
		35		61	67	75	78	88	92	102	109	117	157
		50		73	80	90	96	106	110	124	133	145	191
		70				116	122	136	144	158	170	187	247

Figura 2.6: Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento (Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52: 2014)

Una vez se obtiene la intensidad máxima admisible para esa sección de conductor según la disposición, el material y el número de conductores, hay que aplicarle factores de corrección ya que las intensidades de la tabla anterior vienen dadas en condiciones no reales de temperatura ambiente y agrupación de cables.

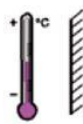
Estos factores son K_1 que determina el cambio que sufre la intensidad según la temperatura ambiente y K_2 , que lo determina la cantidad de conductores agrupados. Al aplicar estos factores queda modificada la intensidad máxima soportada por el conductor de acuerdo a la ecuación (15):

$$I_{z,MAX} = I_z \cdot F_{corrección} \quad (15)$$

$$F_{corrección} = K_1 \cdot K_2 \quad (16)$$

Para los coeficientes de corrección K_1 y K_2 , se utilizan las tablas también extraídas de la Norma UNE-HD 60364-5-52: 2014, expuestas en la figura 16.

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78



DISPOSICIÓN DE LOS CABLES	N.º DE CIRCUITOS									TIPO
	1	2	3	4	6	9	12	16	20 o más	
Agrupaciones al aire, en una superficie, empotrados o en el interior de un envolvente.	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	A a F
Capa única sobre los muros, suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	C
Capa única fijada al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60	
Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	E y F
Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, soportes, bridas de amarre, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

N.º de capas	1	2	3	4 o 5	6 a 8	9 o más
Factor de corrección	1,00	0,80	0,73	0,7	0,68	0,66

Figura 2.7: Tablas para coeficientes de corrección por agrupamiento y por temperatura ambiente (Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52: 2014)

El coeficiente K_2 se obtiene de la multiplicación siguiente:

$$K_2 = F_{\text{circuitos}} \cdot F_{\text{capas}} \quad (17)$$

2.1.6. División de tramos de conductores

En la instalación a estudio existen diferentes tramos de cableado que están delimitados por módulos, inversor y cuadro de protecciones. La figura 17 muestra el recorrido del cableado y el tipo de corriente que utiliza.

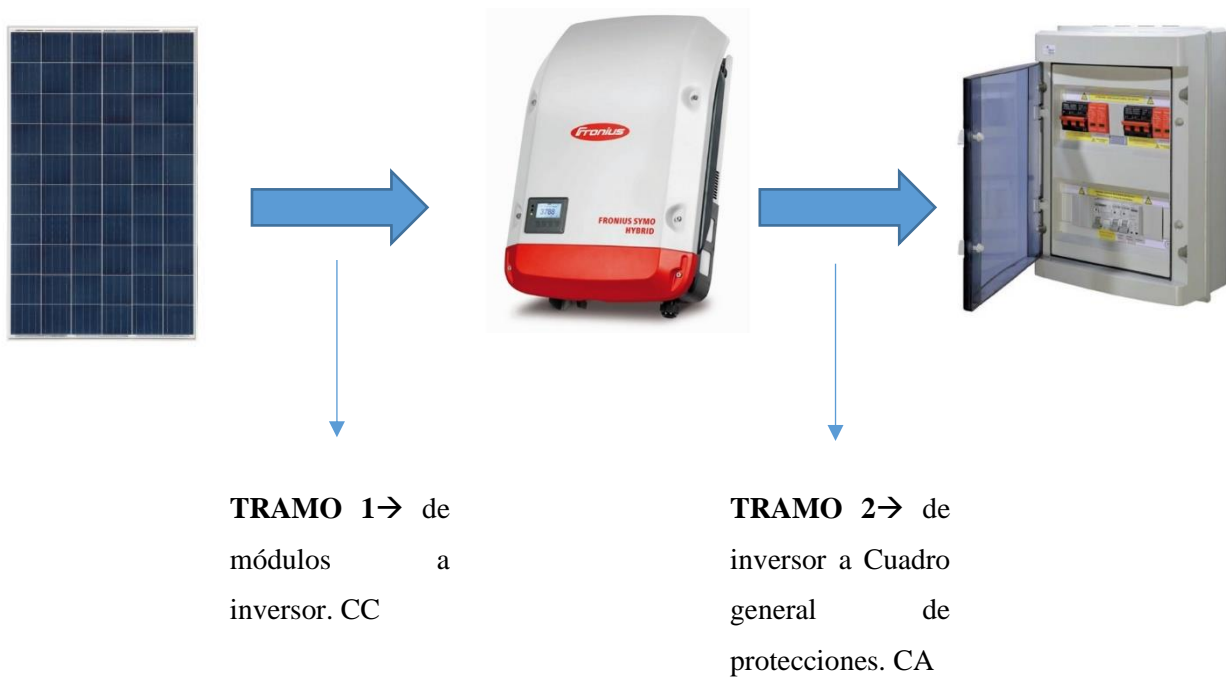


Figura 2.8: Tramos cableado instalación fotovoltaica

2.1.6.1. Cableado tramo 1. Corriente continua.

Como se ha comentado anteriormente el tramo 1 es el que irá de los módulos al inversor. Para este tramo se ha utilizado dos tipos de cable, uno para conectar los módulos entre sí y otro para conectar los módulos con el inversor. Los conductores utilizados para conectar los módulos entre sí son unipolares **ZZ-F (AS) de 1x6mm²**. Sin embargo, el cable utilizado para conectar las strings con el inversor es un conector flexible de cobre multipolar **RV-K 0,6/1 kV de 2x10mm²**. Se comprueba si el cable de 6mm² es óptimo según criterio de caída de tensión y térmico y, por lo tanto, si este es óptimo el de 10 mm² también lo será.

Se calcula cada string como línea independiente.

Los datos de cada línea son:

Nº de módulos	11
---------------	----

Potencia pico string	2750 Wp
Tensión máxima string	407 V
Corriente máxima string	8,62 A
Longitud línea	20 m

Tabla 2.3: Características líneas tramo 1

- Criterio de caída de tensión

Se disponen de todos los datos para realizar el cálculo de caída de tensión en la tabla anterior y el único que falta es la conductividad del cobre (C_{Cu}) que es $C_{Cu} = 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$

$$e(\%) = \frac{2 \cdot 2750 \text{ Wp} \cdot 20 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega\text{mm}^2} \cdot 6 \text{ mm}^2 \cdot 407^2 \text{ V}} \cdot 100$$

$$e(\%) = 0,19 \% < 0,5 \%$$

Se comprueba que la sección de **6 mm²** cumple con el requisito de caída de tensión al obtener una caída de menos del 0,5%, por lo tanto, el cable de **10 mm²** es óptimo también.

- Criterio térmico

Como se ha comentado en anteriores apartados para analizar el criterio térmico hay que mayorar la máxima intensidad que puede recorrer el conductor un 25 % para asegurar que la sección soportará la temperatura cuando se alcancen situaciones de máxima corriente. En el caso de la instalación FV la máxima intensidad que recorrerá el tramo de los módulos al inversor, tramo 1, es la intensidad de cortocircuito o I_{sc} . Esta intensidad mayorada en un 25% ha de ser menor que la que soporte el conductor, dato que se podrá extraer de las tablas anteriormente nombradas como la figura 15.

De las tablas mencionadas extraemos que el método de instalación del cableado es el E debido a que el cable utilizado es multipolar. El aislamiento del cable utilizado es XLPE y en el interior discurren 2 conductores.

Por lo tanto, de la tabla obtenemos que la intensidad máxima admisible es **76 A**.




E		Cables multiconductores al aire libre ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D ₂ ¹⁵						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D ₂ ¹⁵						3x PVC				3x XLPE o EPR(1)		
G		Cables unipolares separados un mínimo de D ₂ ¹⁵								3x PVC(1)			3x XLPE o EPR	
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
			240				315	350	374	419	455	490	552	711
			300				360	404	423	484	524	565	640	821

Figura 2.9: Intensidad máxima admisible para tramo 1(Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52: 2014)

Se aplican los factores de corrección:

$$I_{MAX} = I_{sc} \cdot 1,25 = 8,62 \text{ A} \cdot 1,25 = 10,78 \text{ A}$$

$$I_{Z,MAX} = I_Z \cdot K_1 \cdot K_2 = 76 \cdot 1 \cdot 0,64 = 36,48 \text{ A}$$

$$I_{Z,MAX} > I_{MAX}$$

Como ha quedado demostrado por los cálculos, el cable elegido es capaz de soportar térmicamente una intensidad de 36,48 A, una cifra muy superior a la máxima que alcanzará la instalación cuando haya un cortocircuito en el tramo de los módulos.

Al igual que en el caso del criterio de caída de tensión, se ha comprobado que la sección de 6 mm² cumple con el criterio térmico por lo que el conductor posterior de 10 mm² también será compatible.

Se observa que el cable está sobredimensionado ya que un conductor de menor sección habría servido técnicamente. Esto puede explicarse debido a la posibilidad futura de añadir módulos a la instalación y no tener que cambiar todo el cableado.

2.1.6.2. Cableado tramo 2. Corriente alterna.

Para este tramo de corriente alterna realizamos las mismas comprobaciones para el cable utilizado, un **RZ1-K 0,6/1 kV (AS) 3x10 mm²**

ANEXOS

Hay que tener en cuenta que en realidad este tramo irá desde el inversor, pasando por el cuadro de protecciones de fotovoltaica hasta el CGBT (Cuadro General de Baja Tensión), y será siempre el mismo ya que la carga que soportará el conductor no cambiará desde la salida del inversor hasta el CGBT.

Además, en este tramo el conductor será trifásico.

Los datos de esta línea son:

Nº de módulos	22
Potencia pico string	5500 Wp
Tensión máxima string	400 V
Corriente máxima salida inversor	8,3 A
Longitud línea	60 m
Tipo línea	Trifásica

Tabla 2.4: Características líneas tramo 2

- **Criterio caída de tensión**

$$e(\%) = \frac{5500 \text{ Wp} \cdot 60 \text{ m}}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \cdot 10 \text{ mm}^2 \cdot 400^2 \text{ V}} \cdot 100 = 0,37 \% < 1,5 \%$$

Se comprueba por este criterio que el conductor trifásico de 10 mm² cumple.

- **Criterio térmico**




E		Cables multiconductores al aire libre ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D _c ¹⁵						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ¹⁴ . Distancia al muro no inferior a 0,3 D _c ¹⁵						3x PVC				3x XLPE o EPR(1		
G		Cables unipolares separados un mínimo de D _c ¹⁵									3x PVC(1		3x XLPE o EPR	
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
			6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
			70				149	160	171	188	202	224	244	321
			95				180	194	207	230	245	271	296	391
			120				208	225	240	267	284	314	348	455
			150				236	260	278	310	338	363	404	525
			185				268	297	317	354	386	415	464	601
240				315	350	374	419	455	490	552	711			
300				360	404	423	484	524	565	640	821			

Figura 2.10: Intensidad máxima admisible para tramo 2 (Fuente: Norma UNE-HD 60364-5-52: 2014)

Se aplican los factores de corrección a la intensidad máxima admisible:

$$I_{MAX} = I_{sc} \cdot 1,25 = 8,3 \text{ A} \cdot 1,25 = 10,37 \text{ A}$$

$$I_{Z,MAX} = I_Z \cdot K_1 \cdot K_2 = 68 \text{ A} \cdot 1 \cdot 0,70 = 47,60 \text{ A}$$

$$I_{Z,MAX} > I_{MAX}$$

Se comprueba que la sección elegida para este tramo cumple con ambos criterios.

De la misma manera que en el tramo 1, en este tramo se observa que el cableado está sobredimensionado. Como se ha comentado en el cálculo del anterior tramo, esto puede deberse a poder en un futuro realizar una ampliación de la instalación.

Tal y como indica el ITC-BT-19 en el apartado 2.2.2, en el cual se habla de las secciones de los conductores de instalaciones interiores, la sección del neutro ha de ser como mínimo igual a la de las fases para “*tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios*”. En este caso se cumple ya que la sección del neutro es de **10 mm²** también.

2.1.7. Cableado toma tierra

Para saber el cable de toma tierra a utilizar es necesario seguir la tabla proporcionada por la ITC-BT-18.

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	$S_p = S$ $S_p = 16$ $S_p = S/2$

Tabla 2.11: Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Siguiendo la relación de la tabla, las secciones del conductor de toma tierra de los dos tramos son:

- **Tramo 1 DC:** 10 mm^2
- **Tramo 2 AC:** 10 mm^2

2.1.8. Dimensionamiento de protecciones de la instalación

En este apartado se comprobará si las protecciones utilizadas para ambos tramos de la instalación son correctas y si cumplen su función como elemento de protección tanto para las personas como para la instalación.

Tal y como expresa la norma UNE-EN 60269 la ecuación que se utiliza para averiguar el calibre de la protección a utilizar es la siguiente:

$$I_{MAX} \leq I_N \leq I_{Z,MAX} \quad (18)$$

Donde,

I_{MAX} : Corriente máxima que alcanzará el circuito en el momento más desfavorable, en A

I_N : Corriente que es capaz de aguantar la protección, en A

$I_{Z,MAX}$: Corriente máxima que es capaz de aguantar el conductor, en A

Por tanto, de esta ecuación se extrae que las protecciones han de ser capaces de cortar la corriente antes de que llegue al punto de máximo aguante térmico del conductor.

2.1.8.1. Protección tramo 1. Corriente continua.

El inversor incluye fusibles de 15 A por cada entrada de CC, y se comprueba que cumple con la ecuación 18.

$$10,78 \text{ A} \leq 15 \text{ A} \leq 36,48 \text{ A}$$

Además, la empresa instaladora decide incorporar dos interruptores magnetotérmicos de calibre 16 A para asegurar la protección contra cortocircuitos además de incorporar protección a sobretensiones. Estos interruptores también cumplen con el criterio establecido en la UNE-EN 60269.

$$10,78 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 36,48 \text{ A}$$

2.1.8.2. *Protección tramo 2. Corriente alterna.*

Para este tramo se ha instalado un interruptor diferencial y un interruptor magnetotérmico tetrapolares.

Las características del interruptor diferencial son:

- Polos: 4P
- Intensidad nominal: 25 A
- Poder de corte: 6kA (6.000A)
- Sensibilidad: 30 mA
- Norma: UNE-EN61008-1

$$10,37 \text{ A} \leq 25 \text{ A} \leq 47,60 \text{ A}$$

El interruptor diferencial utilizado cumple con la ecuación (18).

En el caso del interruptor automático magnetotérmico, se ha utilizado uno con las características siguientes:

- Polos: 4 polos. Curva C
- Intensidad de tarado: 16 A
- Poder de corte: 6kA (6.000A)
- Norma UNE-EN 60898-1

$$10,37 \text{ A} \leq 16 \text{ A} \leq 47,60 \text{ A}$$

El interruptor automático magnetotérmico cumple con la ecuación y por tanto es válido para la protección de la instalación.

2.1.8.3. *Resumen protecciones*

RESUMEN PROTECCIONES			
Protección	Tramo	Uds.	Características técnicas

Fusible DC	DC	2	$I_n = 15 \text{ A}$ $V_n = 1000 \text{ V}$
Interruptor automático magnetotérmico bipolar de 16 A	DC	2	$I_n = 16 \text{ A}$ $I_{corte} = 6000 \text{ A}$ $V_n = 230 \text{ V}$
Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar de 16 A. Curva C	AC	1	$I_n = 16 \text{ A}$ $I_{corte} = 6000 \text{ A}$ $V_n = 400 \text{ V}$
Interruptor automático diferencial tetrapolar tarado a 25 A	AC	1	$I_n = 25 \text{ A}$ $I_{sensibilidad} = 30 \text{ mA}$ $I_{corte} = 6000 \text{ A}$ $V_n = 400 \text{ V}$

Tabla 2.5: Resumen protecciones instalación fotovoltaica.

2.2. Estudio de viabilidad económica de instalación actual

En este apartado se calculará mediante parámetros financieros la viabilidad de esta instalación.

Primero hay que averiguar lo que supone económicamente como ahorro el autoconsumo y a continuación se procede a realizar un balance económico a 25 años que es la vida útil de la instalación.

Para hallar la el ahorro generado por el autoconsumo se realiza la siguiente tabla con datos obtenidos de PVGIS en cuanto a generación y facturas de la distribuidora en cuanto a consumos.

Mes	Energía Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumo	Ahorro autoconsumo	Energía Sobrante
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	594,80	57,00	537,00	43,00	447,50	69,32 €	147,30
Feb	600,30	80,00	636,00	29,00	530,00	82,10 €	70,30
Mar	750,00	405,50	765,50	47,00	637,92	98,81 €	112,08
Abr	787,50	405,50	765,50	47,00	787,50	133,77 €	0,00
May	851,00	406,00	427,00	63,00	690,67	117,32 €	160,33
Jun	866,90	356,00	511,00	74,00	739,25	125,57 €	127,65
Jul	889,30	532,00	838,00	82,00	889,30	151,06 €	0,00

Ago	849,60	919,00	1453,00	84,00	849,60	144,32 €	0,00
Sep	729,90	497,00	670,00	75,00	729,90	123,98 €	0,00
Oct	655,50	415,00	523,00	63,00	435,83	67,51 €	219,67
Nov	563,50	114,00	579,00	57,00	482,50	74,74 €	81,00
Dic	546,70	105,00	707,00	50,00	546,70	84,68 €	0,00

Tabla 2.6: Cálculo energía autoconsumida instalación actual

Es necesario realizar varios apuntes para entender la tabla 5. En primer lugar, se ha calculado la energía autoconsumida en relación al consumo en cada periodo y la estación del año tal y como se observa en la Figura 15. Se considera que en invierno el periodo valle (P3) y punta (P1) y una hora del periodo llano (P2) no hay sol por lo que no existe generación en ese momento y se consume de red. Sin embargo, en verano al cambiar las horas de los periodos valle, llano y punta y haber más horas de sol se considera que se consumirá de red en algunas horas del periodo llano (P2) y en todo el periodo valle (P3).

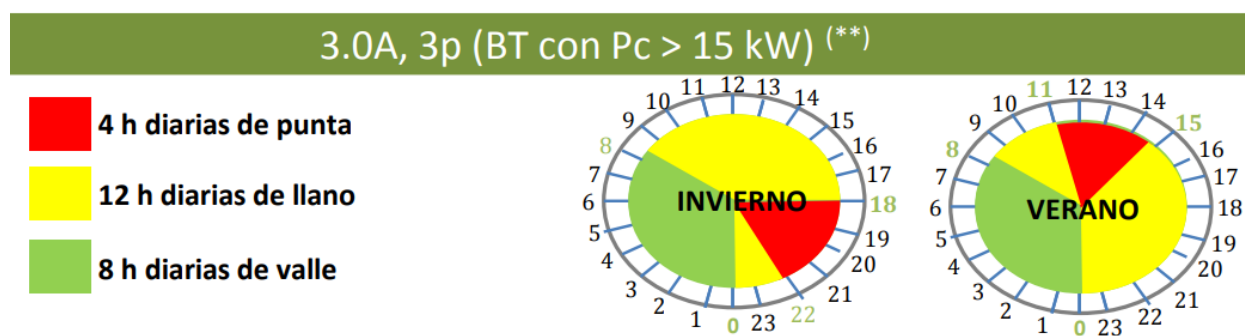


Figura 2.12: Discriminación horaria de la tarifa contratada (Fuente: Iberdrola)

Otra de las consideraciones a tener en cuenta es el precio utilizado para calcular el ahorro obtenido del autoconsumo. El valor se ha obtenido realizando una media para los precios de verano e invierno extraído de las facturas de la compañía y se ha fijado en 0,1698 €/kWh en verano y 0,1549 €/kWh en invierno.

Con esto, el ahorro en energía autoconsumida es de **1.273,19 €**.

Además del ahorro en energía autoconsumida se considera que debido a que la instalación solar está soportando parte de la potencia en algunos momentos concretos se puede rebajar la potencia contratada para ahorrar en concepto de peaje por potencia contratada. Otro de los motivos por los que se puede abordar una bajada de la potencia contratada es porque gracias al contador inteligente de la compañía es posible observar en las facturas los picos de potencia registrados por el máxímetro, con lo que es fácil observar en que puntos se puede rebajar dicha potencia ya que en un año entero no se ha llegado a la cantidad máxima contratada.

Tras un estudio de las facturas se considera que la potencia puede ser modificada en los tres periodos de la siguiente manera:

	Potencia Actual	Potencia Rebajada	Peaje potencia
	kW	kW	€/kW
Periodo Punta o P1	21,2	18,2	0,118987
Periodo Llano o P2	21,2	18,2	0,072083
Periodo Valle o P3	21,2	16	0,051045

Tabla 2.7: Modificación de potencia contratada

Los precios del peaje de potencia se obtienen de la distribuidora.

Si se aborda esta bajada de potencia se podría tener un ahorro anual de **422,63 €**.

Una vez conocidos los ahorros anuales que supone la puesta en marcha de la instalación se puede realizar un balance económico a 25 años de lo que supondría llevarla a cabo. Para realizar el balance se han tenido en cuenta los siguientes parámetros ya mencionados en la Memoria de este proyecto.

- IPC (Índice de Precios del Consumo) de la energía: +3% anual
- Pérdida rendimiento de equipos: -0,7% anual
- Gastos mantenimiento: +500 € anuales (gasto sujeto a IPC)
- Ayuda instalaciones fotovoltaicas IVACE: deducción 20% IRPF de la inversión inicial

Además de estos parámetros se han utilizado las siguientes fórmulas para el cálculo.

$$Amortización = \frac{Inversión\ inicial}{Vida\ útil} \quad (19)$$

$$Beneficio = Ahorro - Gastos - Amortización \quad (20)$$

$$Flujo\ de\ caja = Beneficio + Amortización \quad (21)$$

Con esto, el balance a 25 años es el siguiente:

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	12.781,77€				-12.781,77€	-12.781,77€
1	-2.556,35€	511,27€	1.695,82€	3.740,90€	4.252,17€	-8.529,60€
2	0€	523,03€	1.734,82€	1.211,79€	1.734,82€	-6.794,77€
3	500,00€	535,06€	1.774,72€	739,66€	1.274,72€	-5.520,05€
4	515,00€	547,37€	1.815,54€	753,18€	1.300,54€	-4.219,51€
5	530,45€	559,96€	1.857,30€	766,89€	1.326,85€	-2.892,66€
6	546,36€	572,83€	1.900,02€	780,82€	1.353,65€	-1.539,00€
7	562,75€	586,01€	1.943,72€	794,95€	1.380,96€	-158,04€
8	579,64€	599,49€	1.988,42€	809,30€	1.408,79€	1.250,75€
9	597,03€	613,28€	2.034,16€	823,86€	1.437,13€	2.687,88€
10	614,94€	627,38€	2.080,94€	838,62€	1.466,01€	4.153,88€

ANEXOS

11	633,39€	641,81€	2.128,80€	853,61€	1.495,42€	5.649,30€
12	652,39€	656,57€	2.177,77€	868,81€	1.525,38€	7.174,68€
13	671,96€	671,67€	2.227,86€	884,22€	1.555,90€	8.730,58€
14	692,12€	687,12€	2.279,10€	899,86€	1.586,98€	10.317,56€
15	712,88€	702,93€	2.331,52€	915,71€	1.618,64€	11.936,20€
16	734,27€	719,09€	2.385,14€	931,78€	1.650,87€	13.587,07€
17	756,29€	735,63€	2.440,00€	948,07€	1.683,70€	15.270,78€
18	778,98€	752,55€	2.496,12€	964,58€	1.717,14€	16.987,91€
19	802,35€	769,86€	2.553,53€	981,32€	1.751,18€	18.739,09€
20	826,42€	787,57€	2.612,26€	998,27€	1.785,84€	20.524,92€
21	851,22€	805,68€	2.672,34€	1.015,44€	1.821,13€	22.346,05€
22	876,75€	824,21€	2.733,81€	1.032,84€	1.857,05€	24.203,10€
23	903,06€	843,17€	2.796,68€	1.050,46€	1.893,63€	26.096,73€
24	930,15€	862,56€	2.861,01€	1.068,30€	1.930,86€	28.027,59€
25	958,05€	882,40€	2.926,81€	1.086,36€	1.968,76€	29.996,35€

Tabla 2.8: Balance económico a 25 años instalación actual

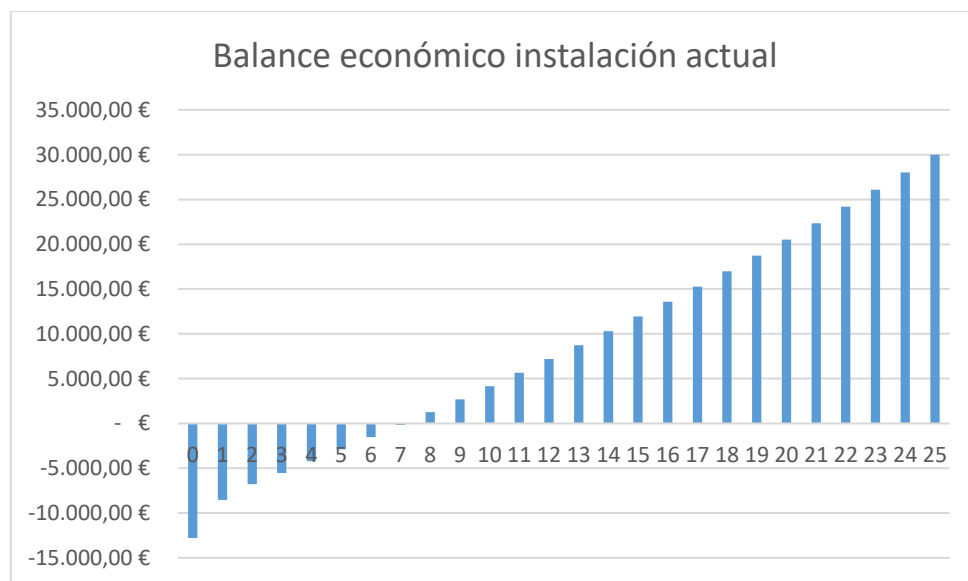


Figura 2.13: Gráfica de columnas del balance económico instalación actual

Cabe destacar que en la casilla de gastos del primer año hay un valor en negativo, esto es porque este proyecto se beneficia de una ayuda del 20% del coste del proyecto en el tramo autonómico del IRPF. Esta ayuda está proporcionada por el IVACE.

En cuanto a los parámetros financieros se calculará el TIR, VAN y Payback. Estos parámetros se utilizan para estudiar la viabilidad de un proyecto.

$$TIR \rightarrow -Inversión + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{1 + (TIR)^n} = 0 \quad (22)$$

$$VAN = -Inversión + \sum_{n=0}^N \frac{FC_n}{(1 + Interés)^n} \quad (23)$$

$$Payback = \frac{Inversión}{FC_{promedio}} \quad (24)$$

Los valores que se obtienen son los siguientes:

Parámetros financieros instalación actual	
TIR	14%
VAN	15.849,78 €
Payback	7,47 años

Tabla 2.9: Parámetros financieros instalación actual

2.3. Estudio de alternativas a la instalación actual

En este apartado se calcularán tres alternativas a la instalación, para tener en cuenta como futuros complementos a la instalación:

- Contribución solar del 80%
- Baterías de litio contribución 60%
- Baterías de litio contribución 80%

2.3.1. Dimensionamiento Alternativa 1: 80% contribución solar

2.3.1.1. Potencia pico

En este caso se calcula la potencia pico a instalar para tener una contribución solar al consumo de un 80 %.

Siguiendo el procedimiento anterior los resultados obtenidos para una contribución solar del 80% son los siguientes:

Mes	Energía consumida	Ener. nec. prod.	Irradiancia	HSP _{ma} _x	PR	HSP _{mod} _f	K _{inc}	Días mes	P _{pico}
	kWh	kWh	MJ/m2	h/día	-	h/día	-	-	W
Ene	637,00	509,60	8,00	2,22	0,82	1,82	1,34	31,00	6745,57
Feb	745,00	596,00	12,20	3,39	0,82	2,78	1,26	28,00	6075,68
Mar	1218,00	974,40	15,50	4,31	0,81	3,48	1,17	31,00	7716,20
Abr	1218,00	974,40	17,40	4,83	0,80	3,86	1,07	30,00	7855,30
May	896,00	716,80	20,60	5,72	0,78	4,47	1,01	31,00	5125,90

Jun	941,00	752,80	21,40	5,94	0,77	4,57	0,98	30,00	5607,81
Jul	1452,00	1161,60	23,90	6,64	0,75	5,00	1,01	31,00	7415,16
Ago	2456,00	1964,80	19,50	5,42	0,76	4,12	1,09	31,00	14116,12
Sep	1242,00	993,60	16,60	4,61	0,78	3,58	1,20	30,00	7716,88
Oct	1001,00	800,80	13,10	3,64	0,79	2,87	1,34	31,00	6713,06
Nov	750,00	600,00	8,60	2,39	0,80	1,92	1,43	30,00	7302,55
Dic	862,00	689,60	7,30	2,03	0,81	1,65	1,41	31,00	9570,92

Tabla 2.10: Cálculo potencia pico mensual contribución solar 80%

Se obtiene una potencia pico media de 7,36 kWp.

2.3.1.2. Cantidad módulos solares

Para esta alternativa, se opta por un inversor con 7,4 kWp de entrada, el modelo Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S, utilizado en la instalación actual podría servir ya que tiene una entrada de potencia de hasta 8 kWp. En cuanto al módulo se mantiene el utilizado en la alternativa anterior. Por lo tanto, para calcular la cantidad de módulos en este caso se utiliza la ecuación (6):

$$N_{mod} = \frac{7400 \text{ W}}{250 \frac{\text{W}}{mod}}$$

Esta operación da como resultado **29 módulos** fotovoltaicos.

2.3.1.3. Configuración módulos solares.

Realizamos las mismas operaciones que en el apartado anterior. Al mantener el mismo modelo de módulo fotovoltaico no hace falta repetir el cálculo del voltaje en circuito abierto a temperatura mínima.

$$V_{oc,Tmin} = 38,99 \text{ V}$$

$$V_{mpp \text{ mín}} < V_{oc,Tmin1} + V_{oc,Tmin n} + V_{oc,Tmin n+1} \dots < V_{mpp \text{ máx}}$$

$$29 \text{ módulos en serie} \rightarrow 250 \text{ V} < 1130,71 \text{ V} < 800 \text{ V}$$

$$15 \text{ módulos en serie} \rightarrow 320 \text{ V} < 584,85 \text{ V} < 800 \text{ V}$$

Se obtiene que un string de 29 módulos en serie no es posible. Sin embargo, probando una configuración de 15 módulos en serie se comprueba que el voltaje en circuito abierto está dentro de los límites de entrada de tensión en el inversor.

Otro de los cálculos que hay que realizar es la cantidad de módulos en serie mínimos para conseguir la tensión de arranque del inversor en corriente continua ($V_{dc, arranque}$) lo cual se realiza con la ecuación (10).

$$N^{\circ}_{mod,min} = \frac{200 V}{31,02 \frac{V}{mód}} = 6,44 \approx 7 \text{ módulos}$$

Por tanto, la configuración de 15 módulos en serie elegida cumple con este requisito también.

2.3.1.4. Configuración strings al inversor.

La configuración de los módulos en serie se establece en 15 módulos más 14 módulos, por tanto, habrá que realizar comprobaciones para 2 strings.

$$I_{MPP} < I_{dc,máx}$$

$$8,06 \text{ A} < 16 \text{ A}$$

$$I_{sc,mod} < I_{sc,máx,inversor}$$

$$8,62 \text{ A} < 24 \text{ A}$$

Los datos han sido obtenidos de las fichas técnicas tanto del inversor como del módulo fotovoltaico.

El inversor es capaz de soportar la intensidad de cortocircuito de los módulos, por lo tanto, se concluye que la configuración de 2 strings con 15 y 14 módulos en serie es válida.

2.3.1.5. Cálculo económico de la Alternativa 1: 80 % contribución solar

Una vez obtenida la configuración necesaria para obtener una contribución del 80% de energía fotovoltaica en el consumo anual, se procede a realizar los cálculos necesarios en el ámbito económico.

Para llevar a cabo el estudio económico es necesario saber los ahorros que proporciona esta opción y los gastos que ocasiona para observar y comparar el balance neto con la opción instalada.

En relación a lo ahorrado en energía se obtiene la siguiente tabla:

Mes	Energía Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumo	Ahorro autoconsumo	Energía Sobrante
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	800,30	57,00	537,00	43,00	447,50	69,32 €	352,80
Feb	807,70	80,00	636,00	29,00	530,00	82,10 €	277,70
Mar	1009,10	405,50	765,50	47,00	637,92	98,81 €	371,18
Abr	1144,90	405,50	765,50	47,00	915,83	155,57 €	229,07
May	1059,50	406,00	427,00	63,00	690,67	117,32 €	368,83
Jun	1166,40	356,00	511,00	74,00	739,25	125,57 €	427,15

ANEXOS

Jul	1196,50	532,00	838,00	82,00	1160,50	197,13 €	36,00
Ago	1143,20	919,00	1453,00	84,00	1143,20	194,19 €	0,00
Sep	982,00	497,00	670,00	75,00	943,67	160,30 €	38,33
Oct	882,00	415,00	523,00	63,00	435,83	67,51 €	446,17
Nov	758,10	114,00	579,00	57,00	482,50	74,74 €	275,60
Dic	735,60	105,00	707,00	50,00	589,17	91,26 €	146,43

Tabla 2.11: Cálculo energía autoconsumida contribución 80% FV

Se observa que el ahorro total por la energía autoconsumida es de **1.433,82 €/año**.

Al igual que en la instalación actual se podría modificar el peaje de potencia con lo que se podría ahorrar **422,63 €/año**.

Por lo tanto, el ahorro total que se obtendría llevando a cabo esta alternativa sería de 1.433,82 €/año + 422,63 €/año = **1.856,45 €/año**.

Para realizar el balance económico es necesario saber el coste que supondría esta ampliación a la instalación actual.

Para esta alternativa serán necesarios:

- 7 módulos fotovoltaicos más
- 1 estructura más
- Cableado y protecciones extra
- Mano de obra extra

El coste de estos elementos se ven representados en la tabla 7:

Alternativa	Uds.	Descripción	Precio unidad	Importe
01		EXTRAS ALTERNATIVA 1		
01.1	7	München Solar Multikristalin MSP250AS-30	141,35 €	989,45 €
01.2	2	Estructura completa 30° para módulos de 165x100cm sobre suelo (Presores laterales y centrales y guías incluidas)	314,00 €	314,00 €
01.3	1	Cableado y protecciones extra	50,00 €	50,00 €
01.4	10	Mano de obra de oficial de 1ª electricista	28,00 €	280,00 €

01.5	10	Mano de obra oficial 2ª electricista	18,00 €	180,00 €
		TOTAL EXTRAS ALTERNATIVA 1		1813,45 €

Tabla 2.12: Coste extra materiales alternativa 80% contribución

Una vez ya es conocido el ahorro anual que supondría esta alternativa y el sobre coste que conllevaría es posible realizar el balance económico y su análisis financiero.

Así, el balance a 25 años es el siguiente:

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	14.595,22 €				-14.595,22 €	-14.595,22 €
1	-2.919,04 €	583,81 €	1.856,45 €	4.191,68 €	4.775,49 €	-9.819,73 €
2	0 €	597,24 €	1.899,15 €	1.301,91 €	1.899,15 €	-7.920,58 €
3	500,00 €	610,97 €	1.942,83 €	831,85 €	1.442,83 €	-6.477,75 €
4	515,00 €	625,03 €	1.987,51 €	847,49 €	1.472,51 €	-5.005,24 €
5	530,45 €	639,40 €	2.033,22 €	863,37 €	1.502,77 €	-3.502,47 €
6	546,36 €	654,11 €	2.079,99 €	879,52 €	1.533,63 €	-1.968,84 €
7	562,75 €	669,15 €	2.127,83 €	895,92 €	1.565,07 €	-403,77 €
8	579,64 €	684,54 €	2.176,77 €	912,59 €	1.597,13 €	1.193,36 €
9	597,03 €	700,29 €	2.226,83 €	929,52 €	1.629,81 €	2.823,17 €
10	614,94 €	716,39 €	2.278,05 €	946,72 €	1.663,11 €	4.486,29 €
11	633,39 €	732,87 €	2.330,45 €	964,19 €	1.697,06 €	6.183,35 €
12	652,39 €	749,73 €	2.384,05 €	981,93 €	1.731,66 €	7.915,01 €
13	671,96 €	766,97 €	2.438,88 €	999,95 €	1.766,92 €	9.681,93 €
14	692,12 €	784,61 €	2.494,97 €	1.018,25 €	1.802,86 €	11.484,79 €
15	712,88 €	802,66 €	2.552,36 €	1.036,82 €	1.839,48 €	13.324,26 €
16	734,27 €	821,12 €	2.611,06 €	1.055,68 €	1.876,80 €	15.201,06 €
17	756,29 €	840,00 €	2.671,12 €	1.074,82 €	1.914,82 €	17.115,88 €
18	778,98 €	859,32 €	2.732,55 €	1.094,25 €	1.953,57 €	19.069,45 €
19	802,35 €	879,09 €	2.795,40 €	1.113,96 €	1.993,05 €	21.062,50 €
20	826,42 €	899,31 €	2.859,70 €	1.133,97 €	2.033,27 €	23.095,77 €
21	851,22 €	919,99 €	2.925,47 €	1.154,26 €	2.074,25 €	25.170,02 €
22	876,75 €	941,15 €	2.992,75 €	1.174,85 €	2.116,00 €	27.286,03 €
23	903,06 €	962,80 €	3.061,59 €	1.195,74 €	2.158,53 €	29.444,56 €
24	930,15 €	984,94 €	3.132,00 €	1.216,92 €	2.201,86 €	31.646,42 €
25	958,05 €	1.007,59 €	3.204,04 €	1.238,39 €	2.245,99 €	33.892,41 €

Tabla 2.13: Balance económico Alternativa 1: 80% contribución

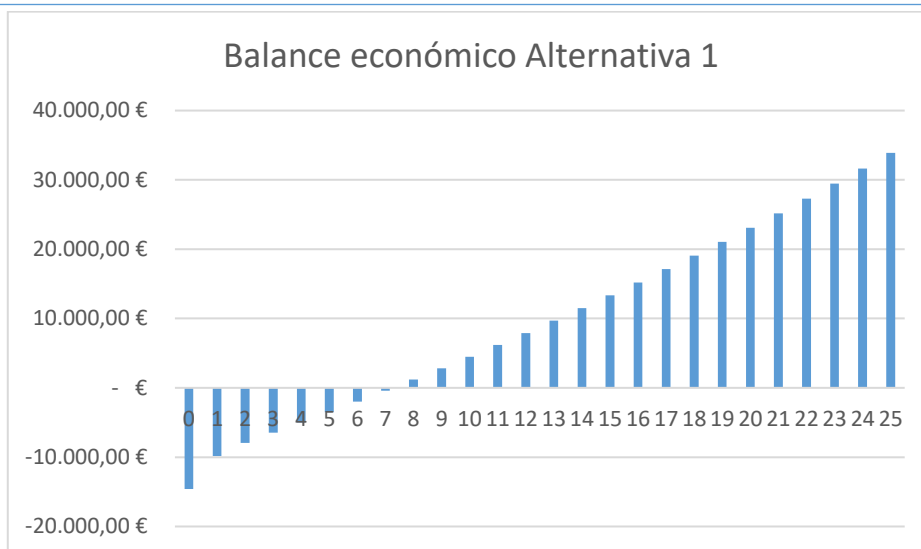


Figura 2.14: Gráfica de columnas del balance económico Alternativa 1: 80% contribución

Así, los resultados financieros para esta alternativa son:

Parámetros financieros Alternativa 1	
TIR	14%
VAN	17.901,79 €
Payback	7,48 años

Tabla 2.14: Parámetros financieros Alternativa 1: 80% contribución

2.3.2. Cálculo económico Alternativa 2: baterías de litio en instalación actual

En esta alternativa se calculará la configuración y el dimensionamiento óptimo de baterías de litio en la instalación actual FV de 60% de contribución solar.

En primer lugar, destacar que en la instalación actual instaló un inversor Fronius Híbrido, esto es, se le pueden conectar baterías de litio y puede hacer dirigir el flujo de electricidad a demanda o a baterías según sea necesario. Por tanto, no habría que añadir a esta alternativa el extra del inversor.

Lo que habría que añadir son las baterías y mano de obra extra.

Pero antes de saber el coste extra se debe averiguar el ahorro que supone esta alternativa. Para ello se observa los resultados en la tabla 10.

Mes	Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumo o	Ahorro autoconsumo	Energía Sobrante
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	594,80	57,00	537,00	43,00	594,80	92,13 €	0,00
Feb	600,30	80,00	636,00	29,00	600,30	92,99 €	0,00

ANEXOS

Mar	750,00	405,50	765,50	47,00	750,00	116,18 €	0,00
Abr	787,50	405,50	765,50	47,00	787,50	133,77 €	0,00
May	851,00	406,00	427,00	63,00	851,00	144,56 €	0,00
Jun	866,90	356,00	511,00	74,00	866,90	147,26 €	0,00
Jul	889,30	532,00	838,00	82,00	889,30	151,06 €	0,00
Ago	849,60	919,00	1453,00	84,00	849,60	144,32 €	0,00
Sep	729,90	497,00	670,00	75,00	729,90	123,98 €	0,00
Oct	655,50	415,00	523,00	63,00	655,50	101,54 €	0,00
Nov	563,50	114,00	579,00	57,00	563,50	87,29 €	0,00
Dic	546,70	105,00	707,00	50,00	546,70	84,68 €	0,00

Tabla 2.15: Cálculo energía autoconsumida Alternativa 2: baterías de litio

Se observa que toda la energía generada se autoconsume, o bien en demanda o bien almacenada en las baterías, por ello, no existe excedente. Para seleccionar la batería de litio se ha tenido en cuenta la columna de la energía autoconsumida.

En esta alternativa también se podría rebajar la potencia contratada al igual que en el caso anterior. Este ahorro junto con el de la energía supone un ahorro de **1842,38 €**.

En relación con el coste extra que supondría esta alternativa, se considera gasto extra:

- Baterías de litio
- Mano de obra

Alternativa	Uds.	Descripción	Precio unidad	Importe
02		EXTRAS ALTERNATIVA 2		
02.1	1	Baterías BYD- HVS 5,1 kWh B-15-105 Batería completa con 2 módulos. 5,20 kWh utilizables. 204 V. 91 kg	2563,55 €	2563,55 €
02.2	3	Mano de obra de oficial de 1ª electricista	28,00 €	84,00 €
02.3	3	Mano de obra oficial 2ª electricista	18,00 €	54,00 €
		TOTAL EXTRAS ALTERNATIVA 2		2701,55 €

Tabla 2.16: Coste extra materiales alternativa 2 baterías de litio

El balance a 25 años se representa en la tabla 12:

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	15.483,32 €				-15.483,32 €	-15.483,32 €
1	-3.096,66 €	619,33 €	1.842,38 €	4.319,71 €	4.939,04 €	-10.544,28 €
2	0€	633,58 €	1.884,75 €	1.251,18 €	1.884,75 €	-8.659,52 €
3	500,00 €	648,15 €	1.928,10 €	779,95 €	1.428,10 €	-7.231,42 €
4	515,00 €	663,06 €	1.972,45 €	794,39 €	1.457,45 €	-5.773,97 €
5	530,45 €	678,31 €	2.017,82 €	809,06 €	1.487,37 €	-4.286,61 €
6	546,36 €	693,91 €	2.064,23 €	823,95 €	1.517,86 €	-2.768,75 €
7	562,75 €	709,87 €	2.111,70 €	839,08 €	1.548,95 €	-1.219,80 €
8	579,64 €	726,20 €	2.160,27 €	854,44 €	1.580,63 €	360,84 €
9	597,03 €	742,90 €	2.209,96 €	870,03 €	1.612,93 €	1.973,77 €
10	614,94 €	759,98 €	2.260,79 €	885,87 €	1.645,85 €	3.619,62 €
11	633,39 €	777,46 €	2.312,78 €	901,94 €	1.679,40 €	5.299,02 €
12	652,39 €	795,35 €	2.365,98 €	918,25 €	1.713,59 €	7.012,61 €
13	671,96 €	813,64 €	2.420,40 €	934,80 €	1.748,44 €	8.761,05 €
14	692,12 €	832,35 €	2.476,07 €	951,60 €	1.783,95 €	10.545,00 €
15	712,88 €	851,50 €	2.533,02 €	968,64 €	1.820,13 €	12.365,13 €
16	734,27 €	871,08 €	2.591,27 €	985,93 €	1.857,01 €	14.222,14 €
17	756,29 €	891,12 €	2.650,87 €	1.003,46 €	1.894,58 €	16.116,72 €
18	778,98 €	911,61 €	2.711,84 €	1.021,25 €	1.932,86 €	18.049,58 €
19	802,35 €	932,58 €	2.774,22 €	1.039,28 €	1.971,86 €	20.021,44 €
20	826,42 €	954,03 €	2.838,02 €	1.057,57 €	2.011,60 €	22.033,04 €
21	851,22 €	975,97 €	2.903,30 €	1.076,11 €	2.052,08 €	24.085,12 €
22	876,75 €	998,42 €	2.970,07 €	1.094,90 €	2.093,32 €	26.178,44 €
23	903,06 €	1.021,38 €	3.038,39 €	1.113,95 €	2.135,33 €	28.313,77 €
24	930,15 €	1.044,87 €	3.108,27 €	1.133,25 €	2.178,12 €	30.491,89 €
25	958,05 €	1.068,91 €	3.179,76 €	1.152,80 €	2.221,71 €	32.713,60 €

Tabla 2.17: Balance económico Alternativa 2: baterías de litio

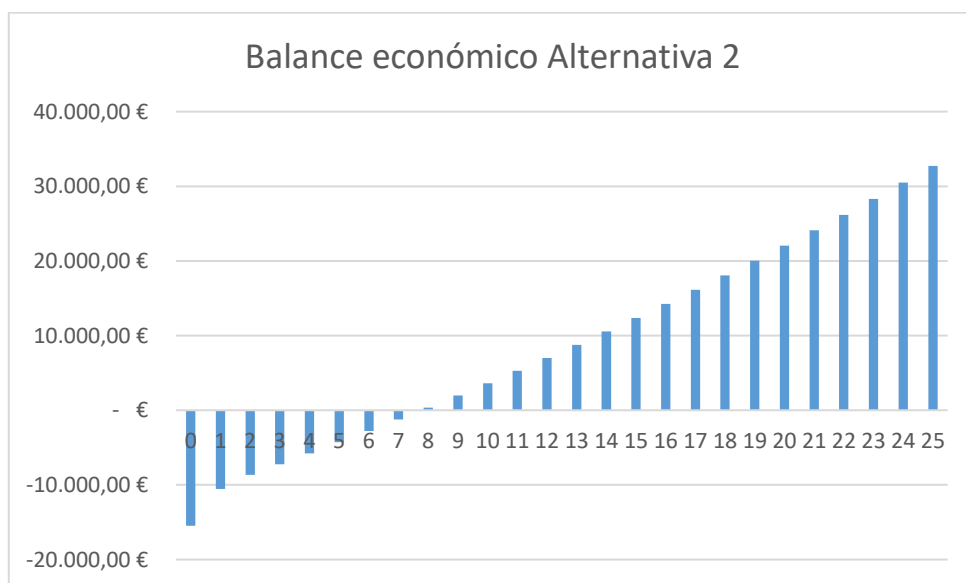


Figura 2.15: Gráfica de columnas del balance económico Alternativa 2: baterías de litio

En cuanto a los parámetros financieros se obtiene la tabla 13:

Parámetros financieros	
TIR	13%
VAN	17.990,28 €
Payback	7,98

Tabla 2.18: Parámetros financieros Alternativa 2: batería de litio

2.3.3. Cálculo económico Alternativa 3: baterías de litio con 80% contribución fotovoltaica

Esta alternativa es una combinación de las dos anteriores. Los resultados obtenidos del análisis económico son los que se muestran a continuación.

Mes	Generada	Consumo P1	Consumo P2	Consumo P3	Autoconsumida	Ahorro autoconsumo	Excedente
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	€	kWh
Ene	800,30	57,00	537,00	43,00	800,30	123,97 €	0,00
Feb	807,70	80,00	636,00	29,00	807,70	125,11 €	0,00
Mar	1009,10	405,50	765,50	47,00	1009,10	156,31 €	0,00
Abr	1144,90	405,50	765,50	47,00	1144,90	194,48 €	0,00
May	1059,50	406,00	427,00	63,00	1059,50	179,97 €	0,00
Jun	1166,40	356,00	511,00	74,00	1166,40	198,13 €	0,00
Jul	1196,50	532,00	838,00	82,00	1196,50	203,24 €	0,00
Ago	1143,20	919,00	1453,00	84,00	1143,20	194,19 €	0,00
Sep	982,00	497,00	670,00	75,00	982,00	166,81 €	0,00
Oct	882,00	415,00	523,00	63,00	882,00	136,62 €	0,00
Nov	758,10	114,00	579,00	57,00	758,10	117,43 €	0,00
Dic	735,60	105,00	707,00	50,00	735,60	113,94 €	0,00

Tabla 2.19: Cálculo energía autoconsumida Alternativa 3: baterías de litio con 80 % contribución

Se obtiene un ahorro por la energía autoconsumida de **1910,21 €** que sumados a los **422,63 €** del ahorro por la rebaja de la potencia contratada se obtiene un ahorro anual total de **2332,84 €/año**.

En cuanto al gasto extra que supone esta alternativa solo habría que combinar los gastos extra expuestos en las dos alternativas anteriores. Esto da un total por gasto extra de material de **4515 €**.

Con estos datos se obtiene el balance económico de esta alternativa a 25 años.

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	17.296,77€				-17.296,77€	-17.296,77€
1	-3.459,35€	691,87€	2.332,84€	5.100,32€	5.792,19€	-11.504,58€
2	0€	707,78€	2.386,50€	1.678,71€	2.386,50€	-9.118,08€
3	500,00€	724,06€	2.441,39€	1.217,32€	1.941,39€	-7.176,69€
4	515,00€	740,72€	2.497,54€	1.241,82€	1.982,54€	-5.194,16€

5	530,45€	757,75€	2.554,98€	1.266,78€	2.024,53€	-3.169,63€
6	546,36€	775,18€	2.613,74€	1.292,20€	2.067,38€	-1.102,25€
7	562,75€	793,01€	2.673,86€	1.318,10€	2.111,11€	1.008,86€
8	579,64€	811,25€	2.735,36€	1.344,47€	2.155,72€	3.164,58€
9	597,03€	829,91€	2.798,27€	1.371,34€	2.201,25€	5.365,83€
10	614,94€	849,00€	2.862,63€	1.398,70€	2.247,70€	7.613,53€
11	633,39€	868,52€	2.928,47€	1.426,57€	2.295,09€	9.908,61€
12	652,39€	888,50€	2.995,83€	1.454,94€	2.343,44€	12.252,06€
13	671,96€	908,93€	3.064,73€	1.483,84€	2.392,77€	14.644,83€
14	692,12€	929,84€	3.135,22€	1.513,26€	2.443,10€	17.087,94€
15	712,88€	951,23€	3.207,33€	1.543,22€	2.494,45€	19.582,39€
16	734,27€	973,10€	3.281,10€	1.573,73€	2.546,83€	22.129,22€
17	756,29€	995,49€	3.356,57€	1.604,78€	2.600,27€	24.729,49€
18	778,98€	1.018,38€	3.433,77€	1.636,40€	2.654,78€	27.384,28€
19	802,35€	1.041,80€	3.512,74€	1.668,59€	2.710,39€	30.094,67€
20	826,42€	1.065,77€	3.593,54€	1.701,35€	2.767,11€	32.861,78€
21	851,22€	1.090,28€	3.676,19€	1.734,69€	2.824,97€	35.686,75€
22	876,75€	1.115,36€	3.760,74€	1.768,63€	2.883,99€	38.570,74€
23	903,06€	1.141,01€	3.847,24€	1.803,17€	2.944,18€	41.514,92€
24	930,15€	1.167,25€	3.935,72€	1.838,32€	3.005,58€	44.520,49€
25	958,05€	1.194,10€	4.026,25€	1.874,09€	3.068,19€	47.588,69€

Tabla 2.20: Balance económico Alternativa 3: baterías de litio con 80% contribución

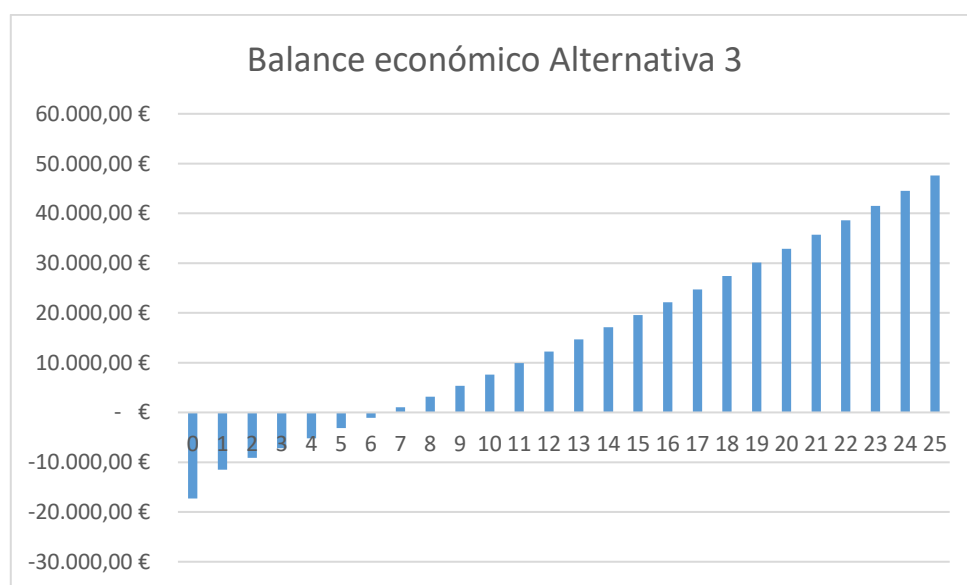


Figura 2.16: Gráfica de columnas del balance económico Alternativa 3: baterías de litio con contribución 80%

En cuanto a los parámetros financieros se obtiene la siguiente tabla:

Parámetros financieros	
TIR	15%

VAN	23.301,85 €
Payback	6,57 años

Tabla 2.21: Parámetros financieros Alternativa 3: batería de litio con 80% contribución

2.4. Cálculo potencia caldera de biomasa

En este apartado se procederá a realizar un cálculo aproximado de la potencia que ha de tener la caldera. Como comentado en le memoria de este proyecto, esta instalación ya cuenta con tuberías, radiadores y algunas de las válvulas necesarias. Por lo tanto, la instalación se va a tratar como una sustitución de caldera.

El cálculo de la potencia teórica para la caldera de biomasa de va a basar en dos elementos fundamentales a tener en cuenta:

- Climatización
- ACS

2.4.1. Cálculo de potencia de la caldera de biomasa para climatización

Como se ha comentado anteriormente, la instalación ya cuenta con una serie de elementos ya preinstalados y se van a aprovechar para esta instalación, entre ellos, los radiadores que son el elemento que emite la energía calorífica en el apartado de climatización.

La presencia en la instalación de los radiadores ya instalados facilita los cálculos ya que sabiendo el número de elementos que hay por radiador y sabiendo lo que teóricamente emiten en W, lo cual puede extraerse de la ficha técnica, es posible averiguar la potencia de la caldera destinada a calentar esos radiadores.

La planta baja del Museo cuenta con 20 radiadores, de los cuales 18 tienen 10 elementos y 2 de ellos, los dos situados al comienzo de las escaleras, tienen 6 y 8 elementos. Esto da una suma total de elementos de **194 elementos**.

De la ficha técnica de unos radiadores equivalentes se extrae la potencia por cada elemento del radiador.

Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h		Exponente "n" de la curva característica
	A	B	C	D			(1)	(2)	
NEO CLASICO 4 columnas NC33-4	288	218	140	50	0,40	2,58	47,7	34,1	1,263
NC46-4	420	350	140	50	0,49	3,19	68,3	48,6	1,258
NC61-4	571	500	141	55	0,68	4,65	96,8	68,4	1,294
NC75-4	665	595	141	55	0,74	5,25	112,9	78,3	1,309
NC95-4	871	801	141	55	0,86	6,89	144,7	99,3	1,345

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para $\Delta t = 60^\circ\text{C}$ (A título informativo)

(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para $\Delta t = 50^\circ\text{C}$

$\Delta t = (T. \text{ media radiador} - T. \text{ ambiente})$ en $^\circ\text{C}$

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Figura 2.17: Tabla características radiadores hierro fundido (Fuente:

https://www.construmatica.com/archivos/26204/emisores/radiadores_de_hierro_fundido/neo_clasico_y_duba.pdf)

Las características equivalentes para los radiadores presentes en el Museo serían las del modelo NC95-4. La temperatura de trabajo de los radiadores será de 60°C por lo que el incremento de temperatura (ΔT) teniendo en cuenta que la temperatura media ambiente en Castellón en enero es de $10,6^\circ\text{C}$ (obtenido de la guía técnica "*Condiciones climáticas exteriores de proyecto*" del IDEA) será de 50°C .

Con este último dato se extrae que la potencia por elemento es de $99,3 \text{ kcal/h}$. Esto en W equivale a **115,49 W**. Para que cada elemento emita esa energía se necesitará una potencia total de **22,405 kW**.

2.4.2. Cálculo de potencia caldera biomasa para ACS

Para este cálculo se va a seguir íntegramente la Guía técnica de agua caliente sanitaria central del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Lo primero a establecer es si la instalación va a ser de producción instantánea o producción con acumulación. Tal como comentado en la memoria, se decide realizar una instalación con acumulación para favorecer el funcionamiento de la instalación y de la caldera en concreto.

El siguiente paso es el cálculo del caudal total del edificio en ACS y posteriormente el caudal instantáneo ya que no siempre se va a demandar el caudal total y si se utilizara este dato se sobredimensionaría la instalación.

2.4.2.1. Cálculo del caudal total e instantáneo

El caudal fijado para cada tipo de aparato está presente y tipificado en el CTE en su documento HS4 "Instalaciones de Salubridad: Suministro de agua" y se resume en la siguiente figura:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Figura 2.18: Caudales instantáneos en aparatos y secciones mínimas de tuberías para la conexión de los mismos (Tabla 2.1 HS4)

Se sabe que el Museo cuenta con 3 zonas en las que aparatos o elementos que necesitan abastecimiento de ACS:

- Baño personal:
 - 1 x Lavabo
 - 1 x Ducha
- Aseo Hombres:
 - 3 x Lavabo
- Aseo Mujeres:
 - 3 x Lavabo

Realizando la suma correspondiente se obtiene la siguiente tabla resumen de caudales:

Cálculo de los caudales (l/s) y aparatos Museo de Ciencias Naturales				
Zonas y locales		ACS		
		Aparatos	Q unitario	Q total
Baño personal	Ducha	1	0,1	0,1
	Lavabo	1	0,065	0,065

Total Baño personal		2	-	0,165
Aseo hombres	Lavabo	3	0,065	0,195
Total Aseo Hombres		3	-	0,195
Aseo mujeres	Lavabo	3	0,065	0,195
Total Aseo Mujeres		3	-	0,195
TOTAL MUSEO		8	-	0,555

Tabla 2.22: Cálculo caudal (l/s) de los aparatos del Museo

Una vez se conoce que el caudal total o Q_T es **0,555 l/s** se procede a calcular el caudal simultáneo mediante la siguiente fórmula presente en la guía técnica:

$$Q_C = A * (Q_T)^B + C \quad (25)$$

Donde,

Q_C : Caudal simultáneo en l/s

Q_T : Caudal mínimo total de todos los aparatos en l/s

A, B y C: Coeficientes que dependen del tipo de edificio, de los caudales totales del edificio y de los caudales máximos por aparatos.

En la siguiente tabla extraída de la UNE 149.201/07 se pueden calcular los coeficientes A, B y C.

Tipo de edificio	Caudales (l/s)		Coeficientes		
	Q_u	Q_T	A	B	C
Viviendas	$< 0,5$	≤ 20	0,682	0,450	-0,140
	$\geq 0,5$	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	$\geq 0,5$	≤ 20	1,700	0,210	-0,700
	Sin Límite	> 20	1,700	0,210	-0,700
Oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.	$< 0,5$	≤ 20	0,682	0,450	-0,140
	$\geq 0,5$	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	$\geq 0,5$	≤ 20	1,700	0,210	-0,700
	Sin Límite	> 20	0,400	0,540	0,480

Tipo de edificio	Caudales (l/s)		Coeficientes		
	Q_u	Q_T	A	B	C
Hoteles, discotecas, museos	$< 0,5$	≤ 20	0,698	0,500	-0,120
	$\geq 0,5$	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	$\geq 0,5$	≤ 20	1,000	0,366	0,000
	Sin Límite	> 20	1,080	0,500	-1,830
Centros comerciales	$< 0,5$	≤ 20	0,698	0,500	-0,120
	$\geq 0,5$	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	$\geq 0,5$	≤ 20	1,000	0,366	0,000
	Sin Límite	> 20	4,300	0,270	-6,650
Hospitales	$< 0,5$	≤ 20	0,698	0,500	-0,120
	$\geq 0,5$	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	$\geq 0,5$	≤ 20	1,000	0,366	0,000
	Sin Límite	> 20	0,250	0,650	1,250
Escuelas, polideportivos	Sin Límite	$\leq 1,5$	1,000	1,000	0,000
		≤ 20	4,400	0,270	-3,410
		> 20	-22,500	-0,500	11,500

Figura 2.19: Coeficientes para el cálculo de los caudales simultáneos (UNE 149.201/07)

Donde,

Q_u : Caudal mayor de los aparatos unitarios en l/s.

La presente instalación se desarrolla en un museo por lo que se utilizará la fila que indica *Hoteles, discotecas, museos*. Con esto, se obtiene:

$$Q_c = 0,698 * (0,555)^{0,5} - 0,120$$

Esto da como resultado un caudal simultáneo $Q_c=0,399$ l/s.

2.4.2.2. Cálculo de la potencia en función de la acumulación

Una vez determinado el caudal simultáneo se procede a determinar el volumen de acumulación y la potencia necesaria.

Para el cálculo del volumen de acumulación necesario se va a hacer uso del caudal simultáneo calculado en el apartado anterior ya que el volumen de acumulación del depósito de inercia ha de garantizar que en caso de paro de la caldera el suministro no se corte y dure al menos 1 hora o casi esta duración. Para ello, se multiplica el caudal simultáneo por 3600 segundos (1 hora) y se obtiene un resultado de 1440 L. Para abaratar la instalación se decide que cubriendo un 70% de esa hora se puede garantizar un suministro suficiente. Por lo tanto, se obtiene un volumen de acumulación de 1000 L.

Tras el cálculo del volumen se puede proceder calculando la potencia necesaria mediante la ecuación 26 extraída de la Guía Técnica.

$$P_{calderas} = \left[Q_{punta} * (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{acumulación} * (T_{acumulación} - T_{AFCH}) * F_{uso\ acumulación} \right] * 1,16 / \mu_{produccACS} \quad (25)$$

Donde,

P_{calderas}: Potencia útil de la caldera en W

Q_{punta}: Caudal en hora punta en l/h. Se obtiene como el producto del Q_c y 3600 segundos.

T_{ACS}: Temperatura de utilización de ACS en °C

T_{AFCH}: Temperatura de la red en °C. Se obtiene de la Norma UNE 94.002/95.

V_{acumulación}: Volumen total de acumulación en l.

T_{acumulación}: Temperatura de acumulación del agua, puede ser igual o superior a la de uso (T_{ACS}) en °C.

μ_{produccACS}: Rendimiento de la instalación de producción de ACS. Se considera un rendimiento general de la instalación del 80% teniendo en cuenta rendimiento de caldera y pérdidas varias.

F_{uso acumulación}: Es el factor de uso del volumen acumulado, depende de la geometría (esbeltez) y del número de depósitos de acumulación, ya que en el interior de los mismos existe una zona de mezcla entre las aguas fría y caliente, en la cual la temperatura resulta inferior a la de uso, por lo que dicho volumen no puede ser utilizado.

$$F_{uso\ acumulación} = 0,63 + 0,14 * \frac{H}{D} \quad (26)$$

Donde,

H: Altura del depósito de inercia o acumulador utilizado.

D: Diámetro del depósito de inercia o acumulador utilizado.

El depósito de inercia utilizado es el **VALINOX INR 1000 l**. De su ficha técnica se obtienen los datos demandados de altura y diámetro.

$$F_{uso\ acumulación} = 0,63 + 0,14 * \frac{2000\ mm}{930\ mm} = 0,931$$

Una vez conocidos todos los datos es posible averiguar la potencia requerida.

$$P_{calderas} = \left[0,399 \frac{l}{s} * \frac{3600s}{h} * (60\ ^\circ C - 10\ ^\circ C) - 1000\ l * (60\ ^\circ C - 10\ ^\circ C) * 0,931 \right] * \frac{1,16}{0,8} \\ = 36.876,4\ W$$

Se obtiene una potencia de **36,88 kW** de potencia para el uso de ACS.

2.5. Cálculo económico instalación caldera de biomasa

En este apartado se procede a calcular los parámetros económicos para evaluar si la instalación es rentable.

Para proceder con el cálculo es necesario averiguar el consumo anterior de la caldera de gasoil y el consumo actual para poder compararlo y determinar el ahorro conociendo el precio de cada combustible.

2.5.1. Demanda energética de ACS y climatización

Se pretende obtener la energía necesaria anual que se necesita producir para satisfacer la calefacción y el consumo de ACS.

2.5.1.1. ACS

Para este cálculo se va a seguir el procedimiento establecido en la Guía Técnica: Agua caliente sanitaria central del IDAE.

Es necesario obtener el consumo diario en litros de ACS. Para ello, se determina una ocupación diaria de 200 personas y un consumo diario por persona de 2 l/día. Se tiene entonces un consumo diario por ACS de 400 l/día.

Una vez obtenido el consumo ACS diario se puede proceder a calcular la demanda energética a través de la ecuación 27:

$$E_{ACS} \left(\frac{kcal}{año} \right) = D_{diaria} (l) * dias\ año * C_p \left(\frac{kcal}{kg * ^\circ C} \right) * (T_{ACS} - T_{AFCH}) (^{\circ}C) \quad (27)$$

$$E_{ACS} \left(\frac{kcal}{año} \right) = 400 \frac{l}{día} * 365 * 1 \left(\frac{kcal}{kg * ^\circ C} \right) * (60 - 10) ^\circ C = 7.300.000 \frac{kcal}{año}$$

El equivalente en kWh/año son **8489,9 kWh/año** en demanda ACS.

2.5.1.2. Climatización

Para el cálculo de la demanda energética por climatización se va a utilizar la siguiente ecuación:

$$E_{climatización} \left(\frac{kWh}{año} \right) = P_{caldera} (kW) * t_{uso\ diario} (h) * t_{uso\ anual} (h) * C_{intermitencia} \quad (28)$$

Donde,

P_{caldera}: Potencia determinada de la caldera, en kW.

t_{uso diario}: Horas de uso aproximadas diarias, en horas.

t_{uso anual}: Días de uso aproximadas anuales, en días.

C_{intermitencia}: Coeficiente de intermitencia, corrige el cálculo de la energía ya que no siempre la caldera estará produciendo el tiempo indicado, se estima un 85%.

Se estima un uso de 10 h/diarias durante 90 días/año y un coeficiente de intermitencia de un 85%.

$$E_{climatización} \left(\frac{kWh}{año} \right) = 60 (kW) * 10 \left(\frac{h}{día} \right) * 90 \left(\frac{días}{año} \right) * 0,85 = 45.900 \frac{kWh}{año}$$

Se obtiene un consumo energético para la climatización de **45.900 kWh/año**.

2.5.1.3. Demanda total energética

Se obtiene una demanda energética total de **54.389,9 kWh/año**.

2.5.2. Consumo de combustible

Una vez conocida la demanda total anual es posible obtener la cantidad de combustible que se va a necesitar conociendo simplemente el PCI de cada combustible.

$$Q_{combustible} \left(\frac{kg}{año} \right) = E_{TOTAL} \left(\frac{kWh}{año} \right) \div PCI \left(\frac{kWh}{kg} \right) \quad (29)$$

Donde,

E_{TOTAL}: Demanda energética anual, en kWh/año

PCI: Poder calorífico del combustible, en kWh/kg

Conociendo el PCI de tanto el gasóleo o gasoil como del pellet utilizado en la nueva caldera se obtiene la cantidad de combustible.

Una vez conocido el combustible necesario anual y el precio que tiene, ya es posible realizar la comparativa económica correspondiente.

2.5.3. Comparativa combustibles

Los precios de los combustibles se obtienen del IDAE (*Informe de precios energéticos: combustibles y carburantes*).

	E_{anual}	PCI	Q_{combustible}	Precio combustible	COSTE ANUAL COMBUSTIBLE
	kWh/año	kWh/kg	kg	€/KWh	€
Pellets	54389,900	4,900	11099,980	0,055 €	2.991,445 €
Gasoil	54389,900	9,994	5442,255	0,096 €	5.221,430 €

Tabla 2.23: Comparativa coste anual entre los dos combustibles

2.5.4. Flujo económico a 20 años

Se ha de tener en cuenta para el cálculo del flujo económico a 20 años (vida útil de la caldera o instalación) las siguientes condiciones:

- IPC (coste combustible fósil): 3%/año
- Subvención del IVACE del 50% del coste total del proyecto.
- Coste de mantenimiento de la instalación: 200€/año (sujeto a IPC).

Con esto se tiene el siguiente flujo económico a los 20 años:

Año	Gastos	Amortización	Ahorro	Beneficio	Flujo caja	Balance
0	15.966,86 €				-15.966,86 €	-15.966,86 €
1	- 7.783,43 €	798,34 €	2.229,99 €	1.331,64 €	2.129,99 €	- 6.851,79 €
2	206,00 €	822,29 €	2.296,89 €	1.268,59 €	2.090,89 €	- 5.583,19 €
3	212,18 €	846,96 €	2.365,79 €	1.306,65 €	2.153,61 €	- 4.276,54 €
4	218,55 €	872,37 €	2.436,77 €	1.345,85 €	2.218,22 €	- 2.930,70 €
5	225,10 €	898,54 €	2.509,87 €	1.386,22 €	2.284,77 €	- 1.544,47 €
6	231,85 €	925,50 €	2.585,16 €	1.427,81 €	2.353,31 €	- 116,66 €
7	238,81 €	953,26 €	2.662,72 €	1.470,65 €	2.423,91 €	1.353,99 €
8	245,97 €	981,86 €	2.742,60 €	1.514,77 €	2.496,63 €	2.868,75 €
9	253,35 €	1.011,32 €	2.824,88 €	1.560,21 €	2.571,53 €	4.428,96 €
10	260,95 €	1.041,66 €	2.909,63 €	1.607,01 €	2.648,67 €	6.035,98 €
11	268,78 €	1.072,91 €	2.996,91 €	1.655,23 €	2.728,13 €	7.691,20 €
12	276,85 €	1.105,09 €	3.086,82 €	1.704,88 €	2.809,98 €	9.396,08 €
13	285,15 €	1.138,25 €	3.179,43 €	1.756,03 €	2.894,27 €	11.152,11 €
14	293,71 €	1.172,39 €	3.274,81 €	1.808,71 €	2.981,10 €	12.960,82 €
15	302,52 €	1.207,57 €	3.373,05 €	1.862,97 €	3.070,54 €	14.823,79 €
16	311,59 €	1.243,79 €	3.474,25 €	1.918,86 €	3.162,65 €	16.742,65 €
17	320,94 €	1.281,11 €	3.578,47 €	1.976,43 €	3.257,53 €	18.719,08 €
18	330,57 €	1.319,54 €	3.685,83 €	2.035,72 €	3.355,26 €	20.754,79 €
19	340,49 €	1.359,13 €	3.796,40 €	2.096,79 €	3.455,92 €	22.851,58 €
20	350,70 €	1.399,90 €	3.910,29 €	2.159,69 €	3.559,59 €	25.011,28 €

Tabla 2.24: Balance económico a 20 años para instalación caldera biomasa

Con estos datos, se obtiene un gráfico que evidencia la rentabilidad de esta instalación.

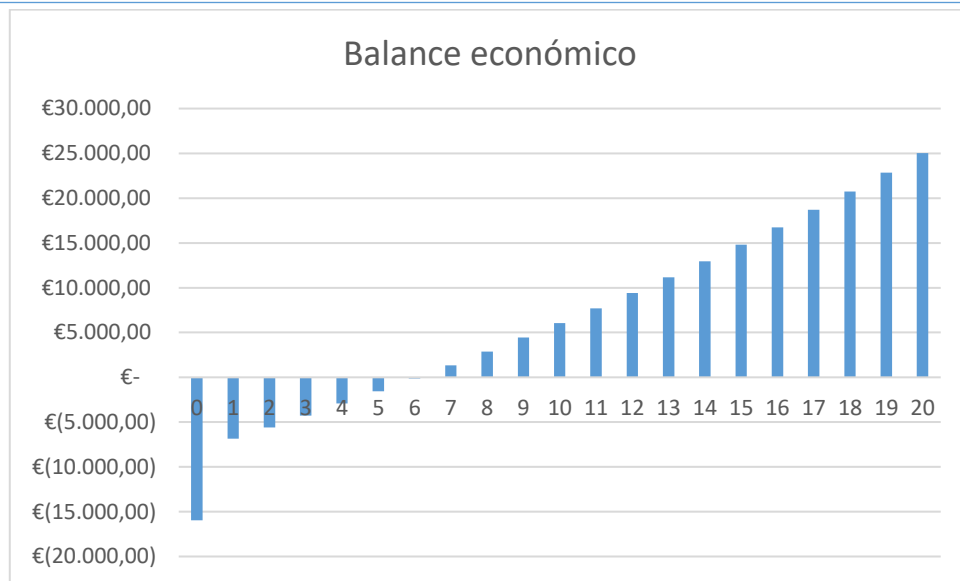


Figura 2.20: Gráfico del balance económico de la instalación a 20 años

2.5.4.1. *Parámetros financieros de la inversión*

En este apartado se calculan los parámetros que determinan la rentabilidad del proyecto a nivel financiero:

- TIR
- VAN
- Payback o periodo de retorno

Las fórmulas para el cálculo de los parámetros financieros se han expresado en apartados anteriores en las ecuaciones 22, 23 y 24.

Se obtienen los siguientes resultados:

Parámetros financieros	
TIR	14%
VAN	6.894,72 €
Payback	6,01 años

Tabla 2.25: Parámetros financieros instalación caldera biomasa

III. ANEXO 2: FICHAS TÉCNICAS

MünchenSolar

MAXIMALENERGIE



Ü Series

Multicrystalline MSPxxxAS-30



12 year
product
warranty

25 year
power output
warranty

ABOUT MUNCHEN SOLAR

MÜNCHEN SOLAR is one of the most innovative, reliable, quality and value focussed companies in the entire sector thanks to its focus on solar modules and technology ranging from roof systems to full-scale power plants. With markets in Germany, Japan, China, Australia and the Americas, München Solar is truly a global provider in the field of solar power.

Whether you're picking solar modules for your residential / commercial roof system or power plant, you know you can rely on the München Solar brand. Customers who choose München Solar know we will deliver maximum performance with the highest quality product at the best value.

PERFORMANCE

Tight positive power tolerance of -0%/W to +3%/W ensures you receive modules at or above nameplate power and contributes to minimizing module mismatch losses leading to improved system yield.

Multicrystalline silicon solar cells with low-iron tempered high transmission and textured glass deliver a module efficiency of up to 15.4%, maximizing the kWh output of your system per unit area.

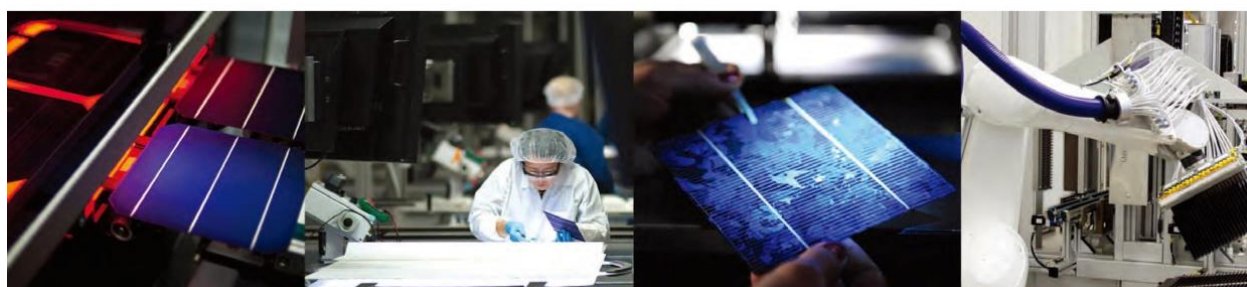
QUALITY & RELIABILITY

- Rigorous quality controls meet the highest international standards: ISO 9001: 2008, ISO 14001: 2004 and ISO 17025: 2005
- Tested for harsh environments (salt mist and ammonia corrosion testing: IEC 61701, DIN 50916:1985 T2)
- Modules independently tested to ensure conformance with certification and regulatory standards.

WARRANTIES

12 year limited product warranty
25 year limited power output warranty

Please refer to our Warranty Terms and Conditions



Ü Serie

Multikristallin MSPxxxAS-30

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module Type	MSPxxxAS-30 (xxx=P _{max})							
Power output	P _{max}		240	245	250	255	260	265
Power output tolerances	ΔP _{max}	%	0 / +3					
Module efficiency	η _m	%	14.75	15.06	15.37	15.67	15.98	16.29
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	30.72	30.85	31.02	31.18	31.35	31.48
Current at P _{max}	I _{mpp}	A	7.81	7.94	8.06	8.18	8.29	8.42
Open circuit voltage	V _{oc}	V	36.60	36.91	36.99	37.07	37.22	37.38
Short circuit current	I _{sc}	A	8.36	8.50	8.62	8.75	8.87	8.98

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	47 +/-2
Temperature coefficient of P _{max}	γ	% / °C	-0.45
Temperature coefficient of V _{oc}	β _{Voc}	% / °C	-0.33
Temperature coefficient of I _{sc}	α _{Isc}	% / °C	+0.04
Temperature coefficient of V _{mpp}	β _{Vmpp}	% / °C	-0.35

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

OPERATING CONDITIONS

Max. System Voltage	1000VDC
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow and wind)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front Cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Cell (quantity / material / dimensions)	60 / multicrystalline silicon / 6" x 6"
Encapsulant (material)	EVA
Frame material	anodized aluminum alloy
Junction box (protection degree)	≥ IP65 with bypass-diode
Cable (length / cross sectional area)	1000mm / 4mm ²
Plug connector (type / protection degree)	MC4 / IP67
Fire Safety Classification (IEC 61730)	Class C

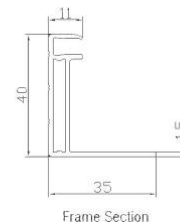
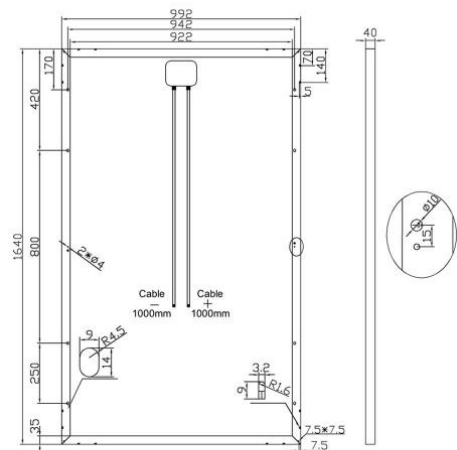
Specifications are subject to change without notice.

PARTNERS

GENERAL CHARACTERISTIC

Dimensions	1640mm / 992mm / 40mm
Weight	18.6kg

Unit: mm



MünchenSolar
MAXIMALENERGIE

© München Solarenergie GmbH | www.munchensolar.de

Adresse: Gmunder Str. 53, 81379 München, Deutschland
Telefon: +49 (0) 894 371 298 6
E-Mail: sales@munchensolar.de

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SYMO HYBRID

/ La solución de almacenamiento "24 horas de sol" personalizada



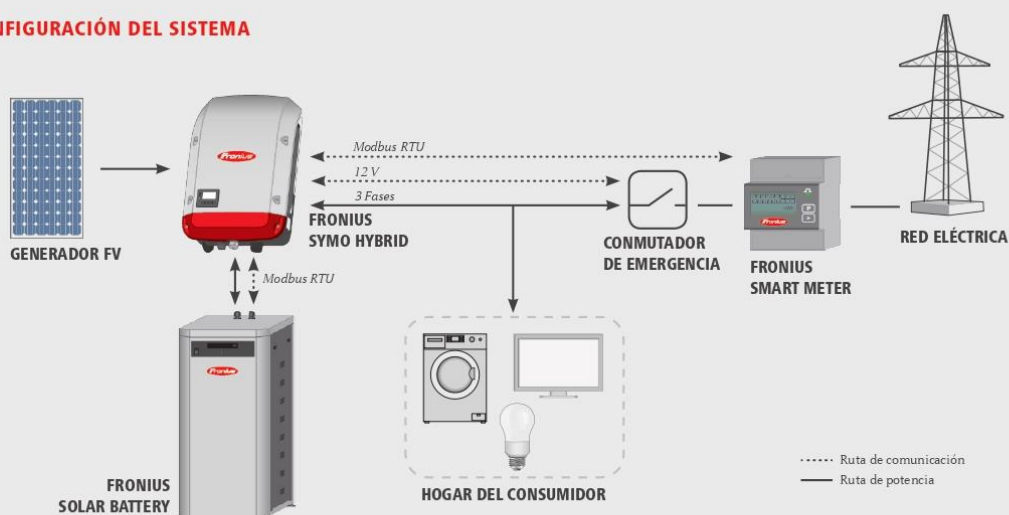
/ Independiente: El Fronius Symo Hybrid es la pieza central para la solución de almacenamiento "24 horas de sol". Pasa de ser un inversor FV convencional, al sistema híbrido más sofisticado donde se puede almacenar el excedente de energía en una batería. El resultado: sol durante el día, por la noche y en caso de fallo de suministro.

MÁXIMA INDEPENDENCIA: DISEÑO MODULAR Y FUNCIONAMIENTO REVOLUCIONARIO

/ La visión de Fronius "24 horas de sol" representa el suministro de energía de las próximas décadas. El Fronius Symo Hybrid con potencias entre 3,0 y 5,0 kW permite que la energía fotovoltaica producida y no utilizada sea almacenada en una batería. El resultado es la maximización del autoconsumo de energía disponible y la más alta independencia del suministro energético, permitiendo utilizar el exceso de electricidad en los momentos de baja

o nula generación de energía. La función de emergencia permite que en caso de fallos de la red, apagones...etc, se pueda utilizar la energía almacenada. Este inversor presenta una profesional configuración y visualización del sistema gracias al servidor web integrado con una interfaz fácil de utilizar, WLAN y Ethernet. El acoplamiento por corriente continua de la batería asegura la máxima eficiencia de todo el sistema.

CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA



DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO HYBRID¹⁾

DATOS DE ENTRADA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Máxima potencia CC	3.060 W	4.080 W	5.100 W
Rango de tensión MPP ($U_{mpp, min} - U_{mpp, max}$) ¹⁾	200 - 800 V	255 - 800 V	320 - 800 V
DATOS DE SALIDA	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$)	3.000 W	4.000 W	5.000 W
Acoplamiento a la red ($U_{ac,r}$)	3-NPE 400/230 V o 3-NPE 380/220 V		
DATOS GENERALES	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm		
Tipo de protección	IP 65		
Concepto de inversor	Sin Transformador		
Instalación	Instalación interior y exterior		
Funcionamiento en isla	Sí		
Tiempo de transición a la función de emergencia	5 segundos		
RENDIMIENTO	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
Rendimiento europeo (FV- red)	95,2 %	95,7 %	96,0 %
Rendimiento máximo del sistema (FV – Batería – red)	> 85,0 %		
INTERFACES	SYMO HYBRID 3.0-3-S	SYMO HYBRID 4.0-3-S	SYMO HYBRID 5.0-3-S
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb / Fronius Solarweb App		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Interface de la batería	Modbus RTU (RS485)		

DATOS TÉCNICOS FRONIUS SOLAR BATTERY¹⁾

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	SOLAR BATTERY 4.5	SOLAR BATTERY 7.5	SOLAR BATTERY 12.0
Capacidad nominal	4,5 kWh	7,5 kWh	12,0 kWh
Capacidad útil	3,6 kWh	6,0 kWh	9,6 kWh
Estabilidad del ciclo	6.000		
Rango de tensión	120 – 170 V	200 – 290 V	320 – +60 V
DATOS GENERALES	SOLAR BATTERY 4.5	SOLAR BATTERY 7.5	SOLAR BATTERY 12.0
Tecnología de la batería	LiFePO4		
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	955 x 570 x 611 mm		
Instalación	Instalación interior		
Margen de temperatura ambiente	5°C - 35°C		

¹⁾ Información preliminar

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 850 patentes activas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

Texto e imágenes según el estado técnico en el momento de la impresión. Sujeto a modificaciones.
 No podemos garantizar la exactitud de todos los datos a pesar de su cuidadosa edición. Declinamos por ello cualquier responsabilidad. Copyright © 2011 Fronius™. Todos los derechos reservados.

v02 Feb 2014 ES

Fronius España S.L.U.
 Parque Industrial La Laguna
 Calle Arroyo del Soto 17
 28914 Leganés (Madrid)
 España
 Teléfono +34 91 649 60 40
 Fax +34 91 649 60 44
 pv-sales-spain@fronius.com
 www.fronius.es

Fronius International GmbH
 Froniusplatz 1
 4600 Wels
 Austria
 Teléfono +43 7242 241-0
 Fax +43 7242 241-3940
 pv-sales@fronius.com
 www.fronius.com

ES v01 Abr 2014

Cuadro protecciones

Cuadro completo y cableado, con protecciones tanto para la parte continua (campo solar), como de la parte alterna (salida del inversor). Con separador AC/DC y con Protecciones contra descargas atmosféricas.

Entradas de módulos: DC 600V / 25 A (Hasta 15 KW PV)

2 Magnetotérmicos de doble polo, especial DC, 25A 600V

Medida: 40 x 30 x 12 cm IP55

Protección rayos: 3 uds lado DC(positivo/negativo/tierra); 1 ud AC

Compartimentos independientes para lado DC y lado AC

Fabricante: Digital-Electric



PARTE DC

- 2 Interruptores seccionadores 25 A 600Vdc. Especial para corriente continua.
- 3 protectores contra rayos DC 600V 40 kA clase 2
- 4 Bornas de conexión DC (2 grupos de paneles)

PARTE AC

- 1 Interruptores diferencial bipolar de 40 A 30 mA clase A
- 2 Interruptores magnetotérmicos para protección del inversor
- 1 Protector contra rayos Ph/N 15 kA clase 2

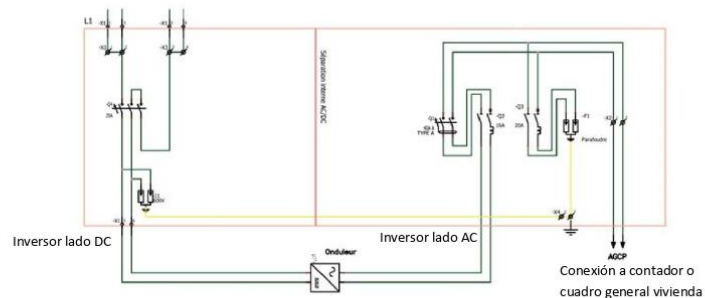


Parte DC (foto real)



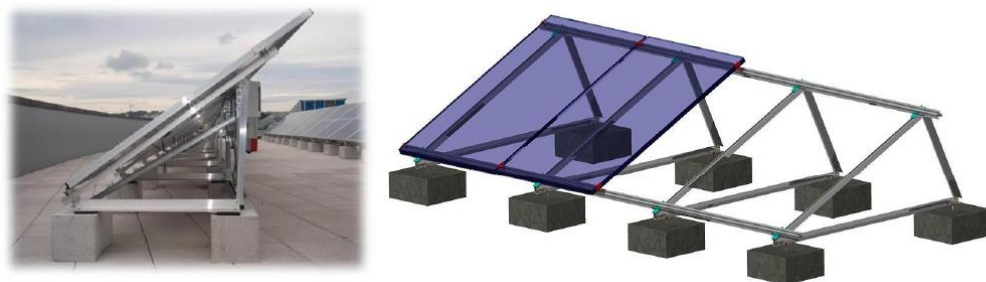
Parte AC (foto real)

Entrada módulos (1 o 2 campos)





ESTRUCTURA PARA SUELO O SUPERFICIE HORIZONTAL



Estructura completa y de fácil instalación, para diferente grosor de módulo (35-40-45 y 50 mm). Diseñada para instalarse en superficie plana (Suelo o tejado plano). Puede llevar desde 1 a 20 módulos de diferentes medidas. La disposición del módulo solar es vertical.

Material de la estructura.

Aluminio EN AW-6005A-T6.

La estructura está construida en **aluminio Aleación EN AW-6005A-T6 (Aleación estructural)**, cumpliendo así todas las normativas requeridas por dicho documento para la Unión Europea (**Normativa Código técnico de la edificación y Eurocódigo 9**). La tornillería de la estructura es de **Acero Inoxidable AISI 304 (A2-70)**.

Sistema de fijación de módulos FV.

El módulo se sujeta al perfil mediante grapas omega, intermedias y finales, de manera que cada pieza omega sujetará como máximo a dos módulos FV en las zonas homologadas por el fabricante de módulos FV. La tornillería es desmontable y con sistema autoblocante mecánico y con arandela de presión.

Garantía

10 años.

- Con la estructura, se adjuntan instrucciones de montaje.
- No incluye tornillo de fijación a la zapata
- Fabricada en España

Cable Solar

La elección del cable es muy importante para el buen funcionamiento de la instalación fotovoltaica durante todos los años de su vida. Deberá ser un cable homologado y preparado para soportar inclemencias del tiempo durante mas de 30 años, que es la vida estimada de una instalación fotovoltaica.

Cable flexible para mayor comodidad en su instalación.



Apto para las siguientes conexiones:

- Entre paneles fotovoltaicos
- Paneles a regulador
- Regulador a batería
- Paneles a inversor (conexión a red)
- Válido tanto para exterior como interior
- Válido para DC (hasta 1800V) como para AC(hasta



CARACTERISTICAS

- Rango de θT : -40 a +120°C
- Cobre estañado en cada filamento.
- Norma VDE Solar.
- Certificado TUV.
- Libre de halógenos
- Resistencia UV
- Vida según norma UNE 60216: 30 años a 90°C
- Fabricado en España.

Fabricado por TOP CABLE, uno de los más prestigiosos fabricantes europeos, esta diseñado específicamente para instalaciones fotovoltaicas

Otras datos

Diseñado y fabricado bajo normativa TÜV 2 PfG 1169/08.2007 y UTE C-32 502 .

conductividad < 10 $\mu S/mm$

Aislamiento de doble capa.

Gran flexibilidad para una fácil manipulación y doblado.

Bobina de 100 metros

Cable monopolar disponible en 4 mm (ref CV-01-200) y en 6 mm (ref CV-01-202)

Conectores serie 4

La elección de conectores es muy importante para el buen funcionamiento de la instalación fotovoltaica durante todos los años de su vida. La mayoría de los paneles solares hoy están equipados con terminales del estándar MC4. Los conectores Cabur, compatibles con este estándar, le garantizan una alta eficiencia de conducción y cumplen los mas altas normativas de seguridad calidad.



Conector hembra

Ref CV-04-002

Incluye conector metálico interior

Disponible en bolsa de 10 Uds



Conector Macho

Ref CV-04-001

Incluye conector metálico interior

Disponible en bolsa de 10 Uds

CARACTERISTICAS

- Apto para cable de 4 y 6 mm²
- 1000 Vdc.
- 35 A.
- Conector en U abierto para poderse crimpar con alicate standar.
- Menos de 5 miliohmios de resistencia.
- IP 67
- Soporta temperaturas de -40 a +85°C
- Cumple normativa ininflamable UL94 -VO
- Fabricado en Italia

Conector "T" reductor de 2 a 1

Cuando debemos de poner en paralelo dos ramas de paneles solares, solemos recurrir a una caja de conexiones. Esto suele ser un foco de avería con los años, por las oxidaciones, entrada de agua, roturas, entrada de arañas, etc. Para evita esto Cabur dispone de la T reductora:

Ref CV-04-009 y CV-04-010

Disponible en Uds. individuales

Ahorra caja de conexión, tiempo de instalación y da estanqueidad y durabilidad en la conexión.





Tamaño de planta máximo 15 kWp

Powermanagement opcional

Pantalla de estado LCD-Dinámica

Monitoriza, optimiza y
gestiona el autoconsumo



Solar-Log 300

Para pequeñas instalaciones domésticas

Conexiones

Inversores

El Solar-Log 300 es compatible con inversores de los más importantes fabricantes. Se puede conectar a varios inversores compatibles con SDS, de un sólo fabricante, con una potencia total máxima de 15 kWp.

Interfaces

El Solar-log 300 tiene una interfaz RS485/RS422.

Sensores RS485

Los sensores miden la irradiación, temperatura y velocidad del viento. Para evitar cualquier problema de capacidad, por favor, compruebe si los sensores se pueden combinar con su marca de inversor en particular.

Contador con entrada S_0 o RS485

El contador puede registrar los datos de consumo, puede servir como inversor y medir la potencia de los inversores incompatibles.

RS485 o Salida S_0

Conecte una pantalla externa para obtener una vista mejorada de sus datos.

Receptor de Control Remoto

La señal para reducir la potencia activa, se envía generalmente a través de un Receptor de Control Remoto. Este se puede conectar directamente al Solar-Log 300 PM para controlar la potencia de la planta FV.

Solar-Log 300 conexión USB y Exportación de datos

Una memoria USB se puede conectar manualmente para instalar un nuevo firmware con material del inversor adicional o nuevas funciones, o para transferir rápida y seguramente copias de seguridad y otros datos.

Opciones de Pantalla

Solar-Log™ WEB

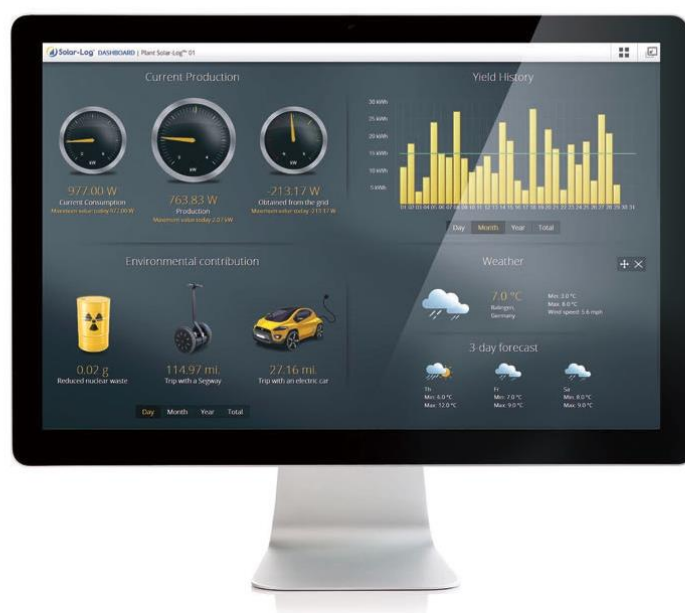
El portal online de la Solar-Log™ WEB “Commercial Edition” expande las funciones de monitorización de Solar-Log™ y ofrece opciones de información detalladas en forma de gráficas y tablas a través de internet.

Solar-Log™ APP

Usted puede acceder a sus datos e informes gráficos en cualquier momento y desde cualquier lugar del mundo con la Solar-Log™ APP.

Solar-Log™ Dashboard

El cuadro de mandos es una característica de la web “Commercial Edition” que muestra de un vistazo toda la información de la planta como rendimiento, ahorro de CO₂ y comportamiento de la planta.



Solar-Log™ Dashboard mostrando el comportamiento de la planta de un vistazo

Pantallas Externas y Solarfox®

Una pantalla externa usada en combinación con el Solar-Log™ puede presentar visualmente los datos en directo de su planta FV. También puede añadir publicidad personalizada. Las pantallas externas se pueden conectar por RS485 o con la interfaz S₀.

Acceso a Solar-Log™

El Solar-Log™ se opera desde un PC con cualquier navegador estándar. Es posible el acceso remoto con la WEB "Commercial Edition".

Funciones

Solar-Log™ Easy Installation

La instalación o configuración inicial es automática. La detección de inversores y el acceso a internet comienzan automáticamente. El estado de instalación se muestra en la Pantalla LCD. Cualquier configuración manual posterior del Solar-Log™ puede realizarse correctamente desde un PC a través de la interfaz de la WEB. Easy Installation es compatible con Solar-Log™ WEB "Commercial Edition" y "Classic 2nd Edition."

Autoconsumo

El Solar-Log™ está disponible en dos modelos, con y sin contador de electricidad integrado. El Solar-Log™ necesita un contador de electricidad externo para medir y visualizar el autoconsumo en una gráfica. El contador eléctrico ya está integrado en los nuevos modelos Solar-Log 300 meter y Solar-Log 1200 meter y ofrece las mismas funciones que un contador externo.

Cubierta de cable

Con su atractivo diseño de cubierta de cable para Solar-Log™, le ofrecemos la mejor protección mecánica posible para interfaces y cables.

Seguridad de los datos

El volumen de datos de Solar-Log™ puede registrarse hasta 20 años. La tarjeta micro SD se usa para proteger de cualquier pérdida de datos en caso de un fallo eléctrico.

Opciones	BT	WiFi	BT WiFi	PM+	PM+ WiFi	GPRS	PM+ GPRS	Meter
	●	●	●	●	●	●	●	●

EVOTRON

en línea con la normativa europea ErP 2009/125/EC (ex EuP) para 2013 y 2015



CALEFACCIÓN, ACONDICIONAMIENTO, REFRIGERACIÓN

Gracias a la avanzada tecnología empleada, al **motor sincrónico de imanes permanentes**, y al **variador de frecuencia**, la nueva gama de circuladoras **EVOTRON** asegura alta eficiencia en todas las aplicaciones, e importantes beneficios en términos de ahorro de energía. Por este motivo, la nueva serie de circuladoras **EVOTRON** pertenece a la clase de eficiencia energética A. La bomba incorpora un dispositivo electrónico que detecta las variaciones requeridas por el sistema y adapta automáticamente el rendimiento de la circuladora, asegurando la máxima eficiencia con un mínimo consumo de energía. Funcionamiento sencillo. Panel de control intuitivo de fácil comprensión que muestra la configuración seleccionada en cada momento. Optimización del consumo energético durante la noche (Función SMART SLEEP). Se suministra con un conector especial que permite una conexión eléctrica rápida y sencilla durante la instalación. Se suministra con un **kit de aislamiento** que contribuye de manera significativa a reducir las pérdidas por dispersión de calor.

Rango de funcionamiento: de 0,4 a 4,2 m³/h con alturas de elevación de hasta 8 mt
Rango de temperatura del líquido: de -10°C a +110°C
Presión máxima de trabajo: 10 bar (1000 kPa)
Grado de protección: IP 44
Clase de aislamiento: F
Instalación: con el eje del motor en posición HORIZONTAL
Tensión de alimentación estándar: monofásico 1 x 230 V / 50 / 60 Hz
Líquido bombeado: limpio, sin sustancias sólidas ni aceites minerales, no viscoso, químicamente neutro, con características similares al agua (concentración máx. glicol 30%)
Versiones especiales bajo demanda: tensión de alimentación y/o frecuencia alternativas

Accesorios/Conexiones

PÁG. 89-91

CIRCULADORES Y BOMBAS EN LÍNEA

DATOS TÉCNICOS

MODELO	CÓDIGO	PRECIO €	DISTANCIA ENTRE EJES mm	DATOS ELÉCTRICOS			RACOR - BAJO PEDIDO		PRESIÓN MINIMA DE AGUA	DATOS HIDRÁULICOS							
				ALIMENT. 50 Hz	P1 RANGO W	In A	ESTÁNDAR	ESPECIAL		Q m³/h l/min	0	0,6 10	1,2 20	1,8 30	2,4 40	3 50	4,2 70
EVOTRON 40/130	60143302	234,00	130	1x230V	5 - 27	0,05 - 0,26	1" F	¾" F 1¼" M	T° + 90°C m.c.a. 10	H (m)	4	3,2	2,3	1,7	1,1		
EVOTRON 40/130(1/2)	60143355	234,00	130	1x230V	5 - 27	0,05 - 0,26	½" F	-	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 40/180	60143358	234,00	180	1x230V	5 - 27	0,05 - 0,26	1" F	¾" F 1¼" M	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 40/180X	60143361	239,00	180	1x230V	5 - 27	0,05 - 0,26	1¼" F	-	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 60/130	60143303	279,00	130	1x230V	5 - 43	0,05 - 0,40	1" F	¾" F 1¼" M	T° + 90°C m.c.a. 10	H (m)	6	5,6	4,5	3,5	2,6	1,8	
EVOTRON 60/130(1/2)	60143356	279,00	130	1x230V	5 - 43	0,05 - 0,40	½" F	-	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 60/180	60143359	279,00	180	1x230V	5 - 43	0,05 - 0,40	1" F	¾" F 1¼" M	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 60/180X	60143362	283,00	180	1x230V	5 - 43	0,05 - 0,40	1¼" F	-	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 80/130	60143304	375,00	130	1x230V	5 - 66	0,06 - 0,60	1" F	¾" F 1¼" M	T° + 90°C m.c.a. 10	H (m)	8	7,8	6	4,8	3,9	3,1	1,6
EVOTRON 80/130(1/2)	60143357	375,00	130	1x230V	5 - 66	0,06 - 0,60	½" F	-	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 80/180	60143360	375,00	180	1x230V	5 - 66	0,06 - 0,60	1" F	¾" F 1¼" M	T° + 90°C m.c.a. 10								
EVOTRON 80/180X	60143363	380,00	180	1x230V	5 - 66	0,06 - 0,60	1¼" F	-	T° + 90°C m.c.a. 10								

* Los valores hidráulicos se refieren a velocidad máxima y a versiones simples

Frecuencia de funcionamiento: 50 Hz

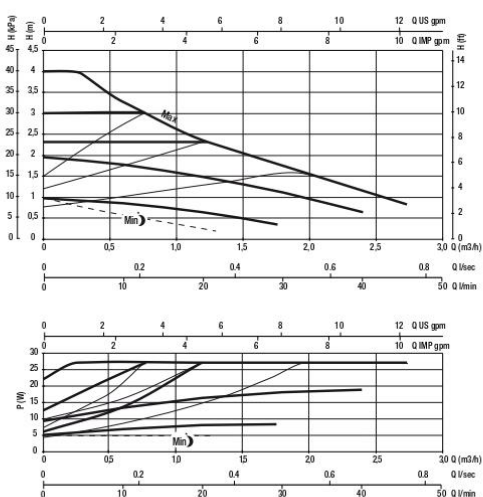
DAB PUMPS se reserva el derecho de efectuar modificaciones sin la obligación de aviso previo



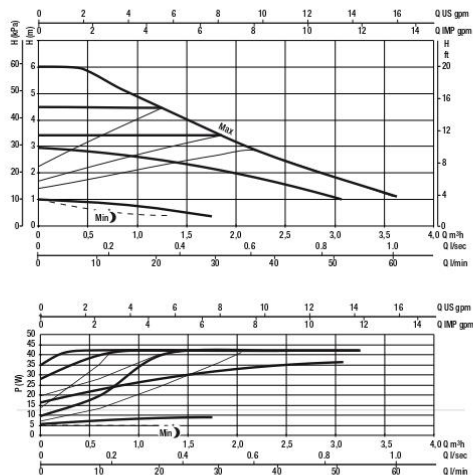
EVOTRON

CIRCULADOR ELECTRÓNICO ROTOR HÚMEDO

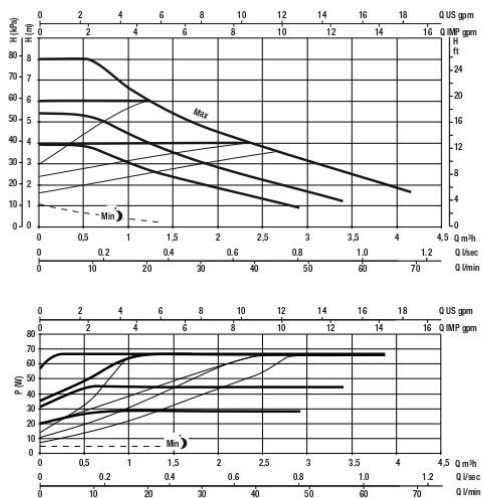
EVOTRON 40



EVOTRON 60



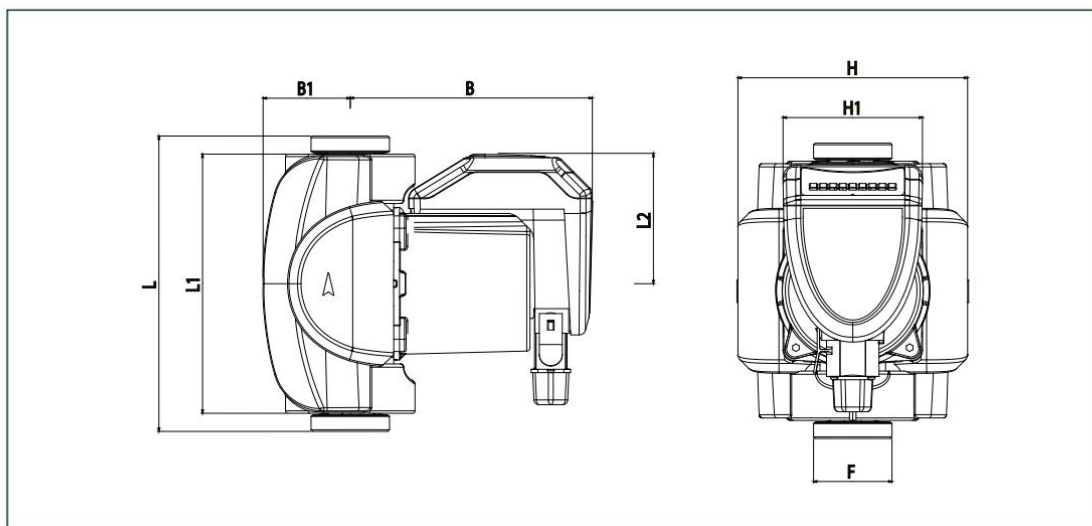
EVOTRON 80



EVOTRON

CIRCULADOR ELECTRÓNICO ROTOR HÚMEDO


DIMENSIONES Y PESOS



MODELO	L	L1	L2	B	B1	H	H1	F	DIMENSIONES EMBALAJE			PESO KG	CANT. x PALÉ
									L	B	H		
EVOTRON 40/130	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	148	193	217	2.7	120
EVOTRON 40/130(1/2)	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"	148	193	217	2.7	120
EVOTRON 40/180	180	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	148	193	217	2.9	120
EVOTRON 40/180X	180	158	79.5	147.5	53	140	85	2"	148	193	217	2.9	120
EVOTRON 60/130	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	148	193	217	2.7	120
EVOTRON 60/130(1/2)	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"	148	193	217	2.7	120
EVOTRON 60/180	180	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	148	193	217	2.9	120
EVOTRON 60/180X	180	158	79.5	147.5	53	140	85	2"	148	193	217	2.9	120
EVOTRON 80/130	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	148	193	217	2.7	120
EVOTRON 80/130(1/2)	130	158	79.5	147.5	53	140	85	1"	148	193	217	2.7	120
EVOTRON 80/180	180	158	79.5	147.5	53	140	85	1"1/2	148	193	217	2.9	120
EVOTRON 80/180X	180	158	79.5	147.5	53	140	85	2"	148	193	217	2.9	120

INERCIA

SERIE PF-INERCIA



GAMA CLOTH

Los acumuladores inerciales de la **SERIE PF-INERCIA**, son especialmente indicados para aumentar la inercia en instalaciones: solares, biomasa y geotermia. Fabricados en Acero Carbono (AC) S235-JR, para instalación vertical en suelo. La superficie exterior de AC del acumulador está protegida a través de una pintura antioxidante.

Aislados con poliuretano flexible; densidad 20Kg/m³ y 50 mm. de espesor, en capacidades desde los 100L hasta los 5000L.

Acabado exterior en Skay.

ACUMULADORES INERCIALES PF-INERCIA CLOTH

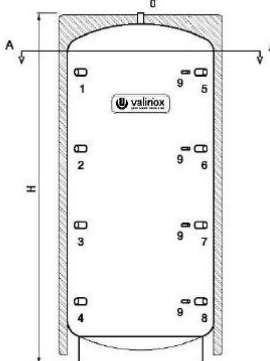
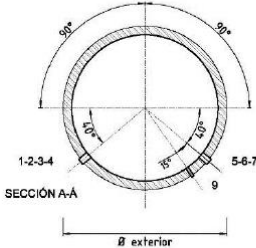
PF VALINOX - SIN SERPENTÍN
PFS VALINOX - CON UN SERPENTÍN
PFS2 VALINOX - CON DOS SERPENTINES

CARACTERÍSTICAS

Montaje	Vertical en suelo sobre arillo
Aislamiento	50mm. de poliuretano flexible
Conexiones	Rosca GAS
Acabado externo	Skay azul, blanco o gris
Accesorios opcionales	Ánodo electrónico. Véase Tarifa Accesorios Opcionales


LEYENDA

- 1 Ida caldera de biomasa
- 2 Ida para otra fuente de calor
- 3 Retorno caldera de biomasa
- 4 Retorno para otra fuente de calor
- 5 Ida caldera a gas o gasoil
- 6 Ida para calefacción
- 7 Retorno caldera a gas o gasoil
- 8 Retorno calefacción
- 9 Tomas para sondas
- IS Entrada serpentín
- RS Retorno serpentín

CAPACIDAD (LITROS)	Ø exterior (mm)	H (mm)	0-1-2-3 4-5-6-7 8	9	IS RS	Presión máxima de trabajo (Bar)	Temp. máxima (°C)	Peso Vacio (Kg) (6 Bar)
100	480	1050	1"	1/2"	1"	4-6-8-10	90°	50
150	580	1000	1"	1/2"	1"	4-6-8-10	90°	60
200	580	1300	1"	1/2"	1"	4-6-8-10	90°	75
300	580	1800	1"	1/2"	1"	4-6-8-10	90°	115
400	700	1700	1 1/4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	125
500	700	1950	1 1/4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	135
600	800	1950	1 1/4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	155
800	930	1750	1 1/4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	180
1000	930	2000	1 1/4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	200
1250	1050	2050	1 1/4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	220
1500	1150	2100	1 1/2"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	245
2000	1300	2150	2"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	300
2500	1400	2255	2"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	375
3000	1500	2330	3"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	450
4000	1700	2350	3"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	600
5000	1850	2450	4"	1/2"	1 1/4"	4-6-8-10	90°	725

Bajo petición se pueden realizar las conexiones con bridas, así como otras capacidades y dimensiones. Véase Tarifa Accesorios Opcionales.



valinox
GENERANDO BIENESTAR

78

PelleTech®

SERIE MULTIAUTO



La serie MultiAuto se compone de calderas totalmente automáticas y policombustibles, Clase 5 (EN 303-5). Puede alimentarse de pellet y otros productos de la biomasa (hasta 30% de humedad), astillas de madera y simultáneamente troncos de leña.

- Quemador de configuración horizontal con sistema de limpieza automática
- Sistema de limpieza completamente automático del intercambiador de calor
- Extracción automática de cenizas, con piso móvil y cajón de compactación (incorpora sensor de llenado)
- Dos resistencias eléctricas de 300W en versión Pellet . Soplador de aire caliente de 1600W en versión WoodChip
- Sistema de alimentación completamente automático con válvula rotativa que evita retroceso llama (Back burn Protection Starvalves System, BPS)
- Pantalla táctil con menús sencillos en varios idiomas (incluye español)
- Accesorios disponibles: Módem WiFi + 4HeatApp, Módem GSM y sonda exterior (ver página 16)

**Silo integrado en versión Pellet con posibilidad de ampliación mediante silo externo, preparada para conexión a brazo agitador (no incluido) en versión WoodChip.*

	MultiAuto 22	MultiAuto 35	MultiAuto 60	MultiAuto 100
Rendimiento (%)	91,5	91,9	92,1	92
Consumo (Kg/h)	1,1-3,5	1,8-6	2,5-8	3,5-11
Ida/Retorno/Llenado	1¼" - 1¼" - 1"	1¼" - 1¼" - 1"	1¼" - 1¼" - 1"	1¼" - 1¼" - 1"
Capacidad de agua (L)	143	160	182	215
Dimensiones (cm) - L/H/A	107x134x98	116x138x100	127x139x113	132x141x130
Peso (Kg)	345	424	514	617
Ø Evacuación de humos (mm)	150	150	180	180

Versión Pellet	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar
Versión Woodchip	Consultar	Consultar	Consultar	Consultar



Accesorios

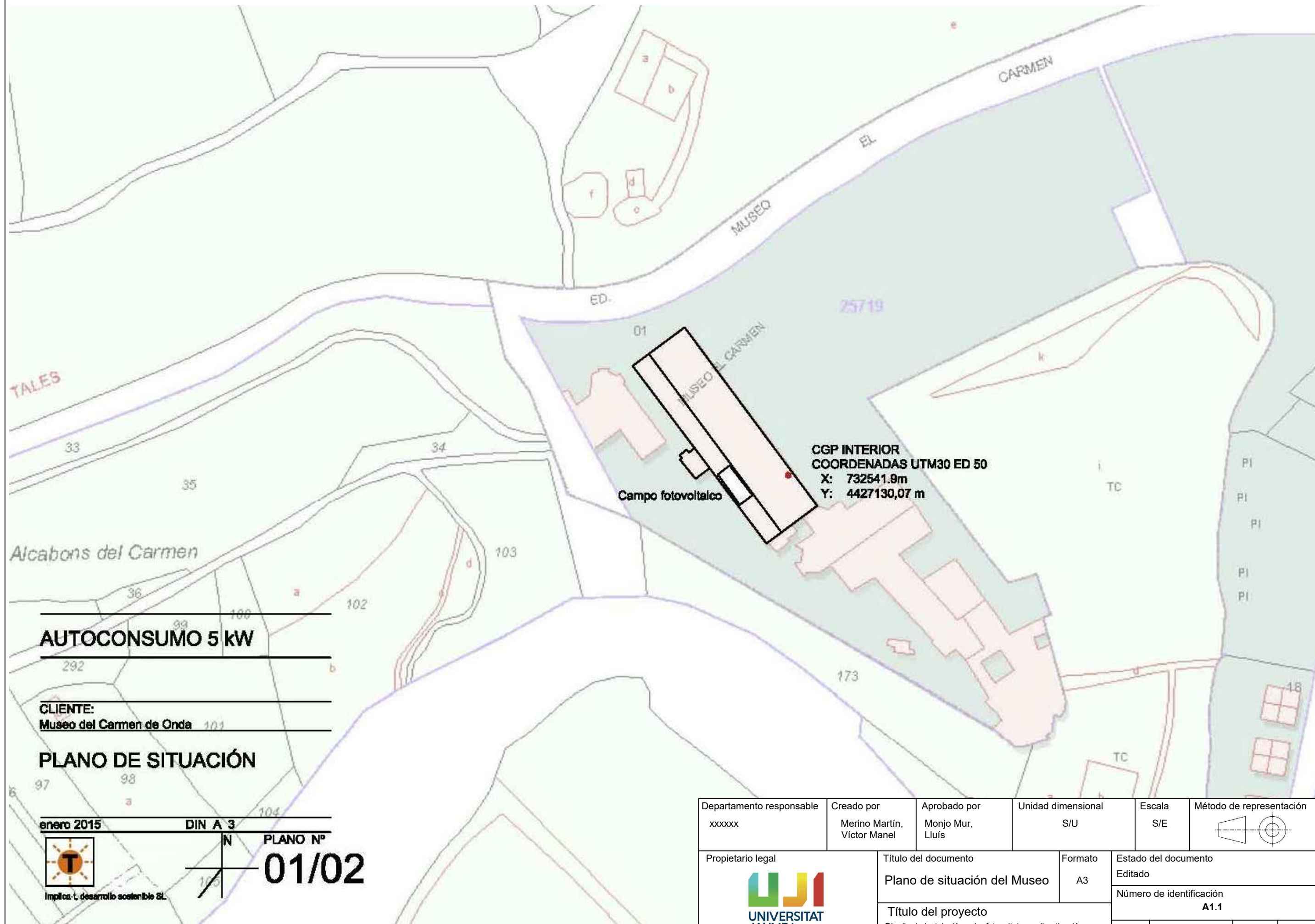
Soplador de aire caliente 1600W (incluido versión woodchip)	Consultar
Kit Lambda Multiauto	Consultar
Sistema aspiración neumática de combustible	Consultar
Extensión +500mm sinfín alimentación	Consultar
Extensión +1000mm sinfín alimentación	Consultar
Extensión +1500mm sinfín alimentación	Consultar

IV. PLANOS

ÍNDICE PLANOS

ÍNDICE PLANOS.....	141
4.1. Plano de situación y emplazamiento	143
4.2. Plano de distribución y componentes instalación FV	145
4.3. Plano de esquema unifilar instalación fotovoltaica.....	147
4.4. Plano de Datos de hormigón y estructura paneles fotovoltaicos.....	149
4.5. Plano de Esquema de conexión instalación de caldera de biomasa.....	151
4.6. Plano de Distribución de radiadores y ACS en planta baja.....	153

4.1. Plano de situación y emplazamiento





AUTOCONSUMO 5 kW

CLIENTE:
Museo del Carmen de Onda


PLANO DE SITUACIÓN

enero 2015 DIN A 3 PLANO Nº
01/02

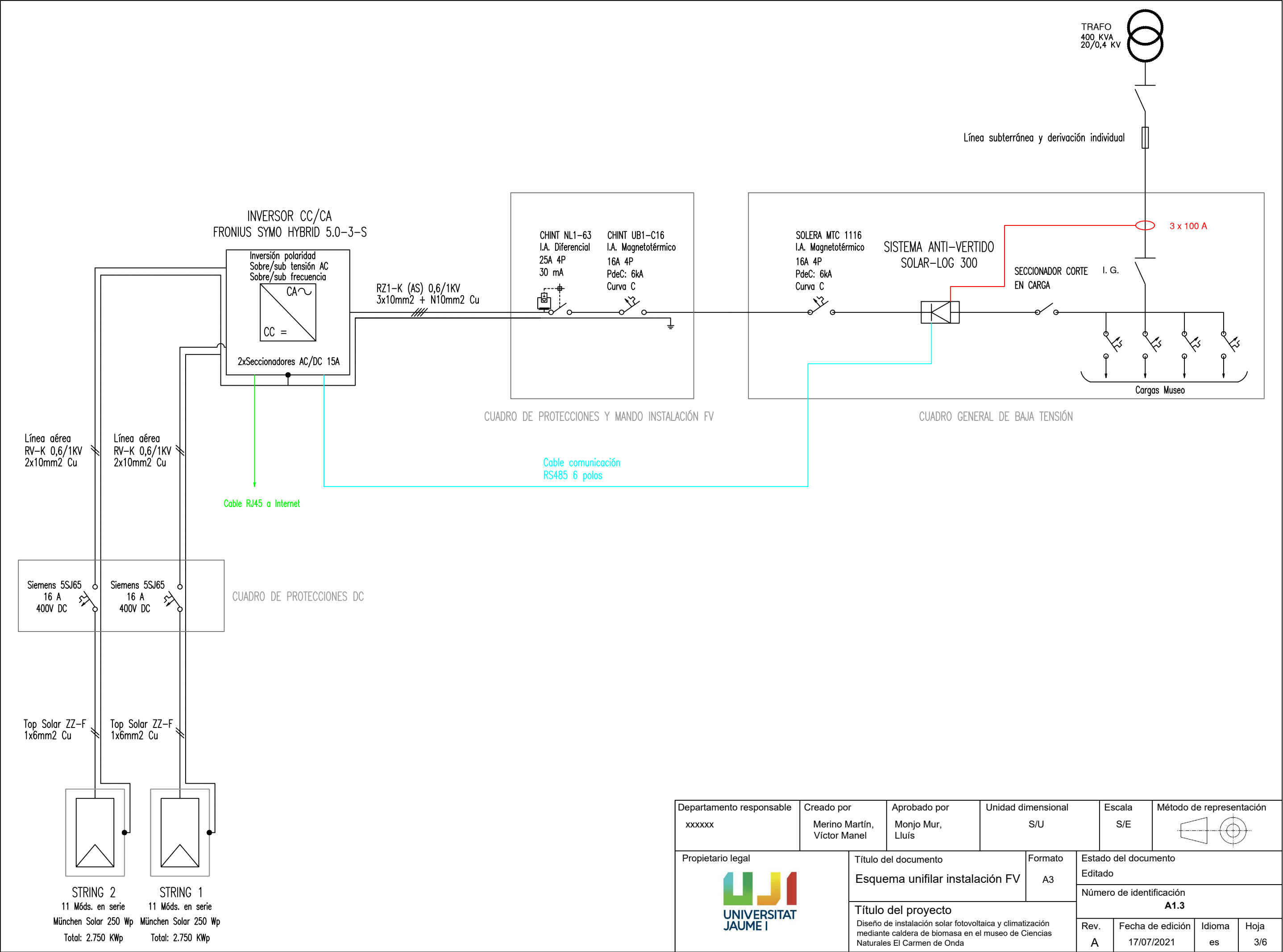
Departamento responsable xxxxxx	Creado por Merino Martín, Víctor Manel	Aprobado por Monjo Mur, Lluís	Unidad dimensional S/U	Escala S/E	Método de representación 
Propietario legal 		Título del documento Plano de situación del Museo	Formato A3	Estado del documento Editado	
		Título del proyecto Diseño de instalación solar fotovoltaica y climatización mediante caldera de biomasa en el museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda	Número de identificación A1.1		
			Rev. A	Fecha de edición 17/07/2021	Idioma es

4.2. Plano de distribución y componentes instalación FV



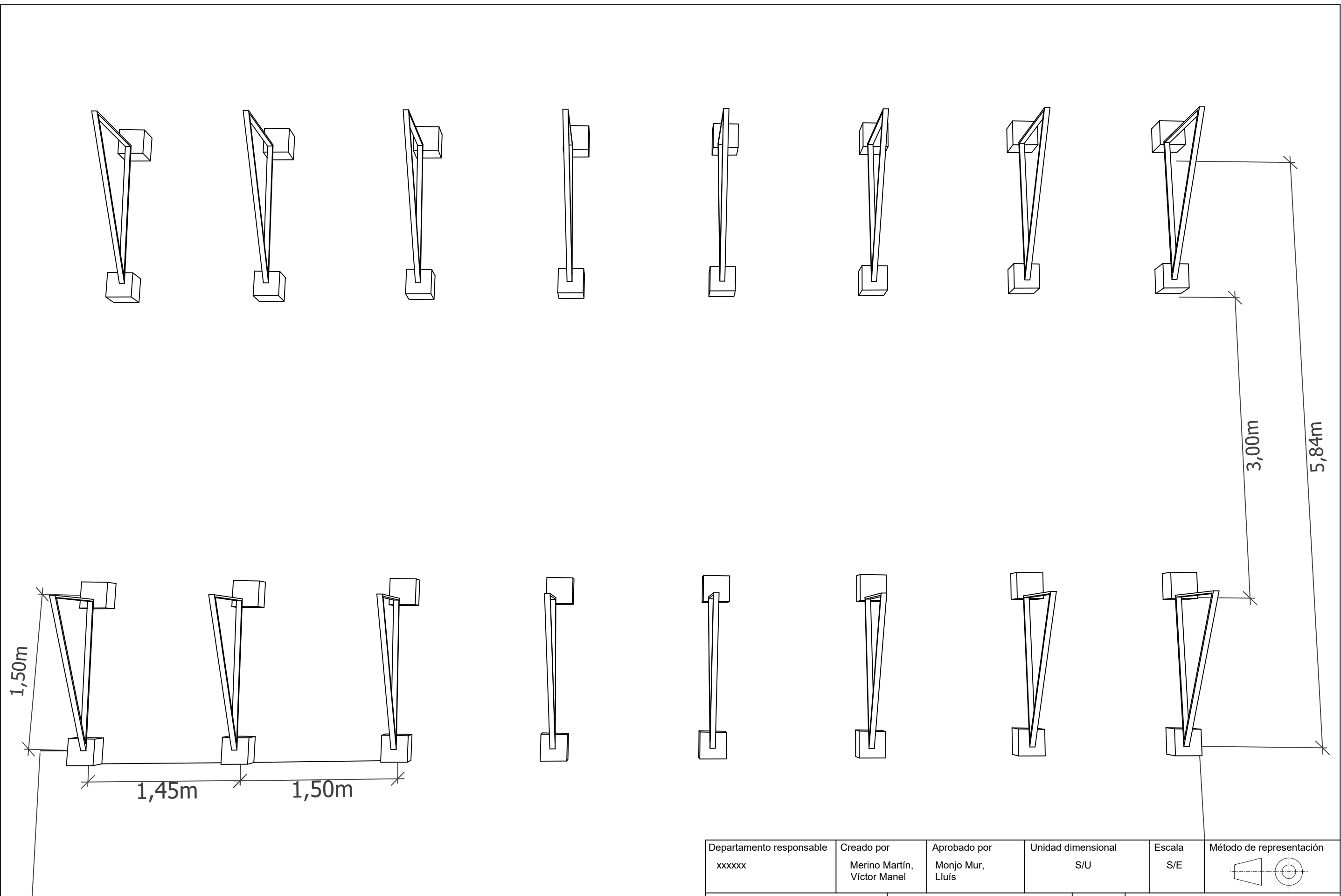
Departamento responsable xxxxxx	Creado por Merino Martín, Víctor Manel	Aprobado por Monjo Mur, Lluís	Unidad dimensional S/U	Escala S/E	Método de representación 			
<div>Propietario legal</div> <div><div>UNIVERSITAT JAUME I</div></div>		Título del documento Distribución strings y componentes		Formato A3	Estado del documento Editado			
		Título del proyecto Diseño de instalación solar fotovoltaica y climatización mediante caldera de biomasa en el museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda			Número de identificación A1.2			
					Rev. A	Fecha de edición 17/07/2021	Idioma es	Hoja 2/6

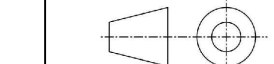

4.3. Plano de esquema unifilar instalación fotovoltaica



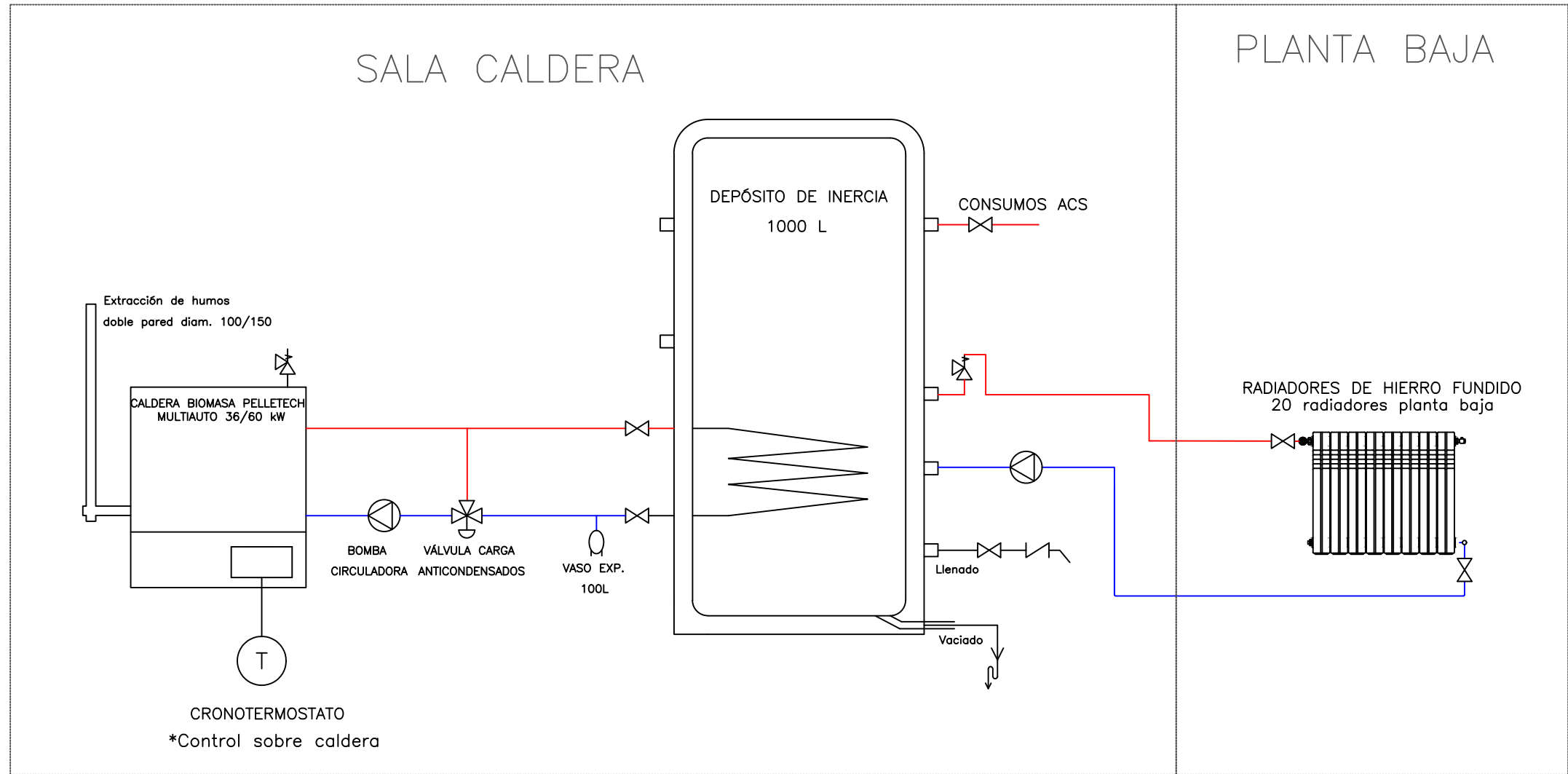
Departamento responsable xxxxxx	Creado por Merino Martín, Víctor Manel	Aprobado por Monjo Mur, Lluís	Unidad dimensional S/U	Escala S/E	Método de representación
Propietario legal 		Título del documento Esquema unifilar instalación FV	Formato A3	Estado del documento Editado	
		Título del proyecto Diseño de instalación solar fotovoltaica y climatización mediante caldera de biomasa en el museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda		Número de identificación A1.3	
		Rev. A	Fecha de edición 17/07/2021	Idioma es	Hoja 3/6

4.4. Plano de Datos de hormigón y estructura paneles fotovoltaicos



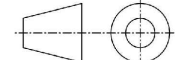

Departamento responsable xxxxxx	Creado por Merino Martín, Víctor Manel	Aprobado por Monjo Mur, Lluís	Unidad dimensional S/U	Escala S/E	Método de representación 			
Propietario legal 		Título del documento Dados de hormigón y estructura paneles fotovoltaicos		Formato A3	Estado del documento Editado			
		Título del proyecto Diseño de instalación solar fotovoltaica y climatización mediante caldera de biomasa en el museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda		Número de identificación A1.4				
				Rev. A	Fecha de edición 17/07/2021	Idioma es	Hoja 4/6	

4.5. Plano de Esquema de conexión instalación de caldera de biomasa

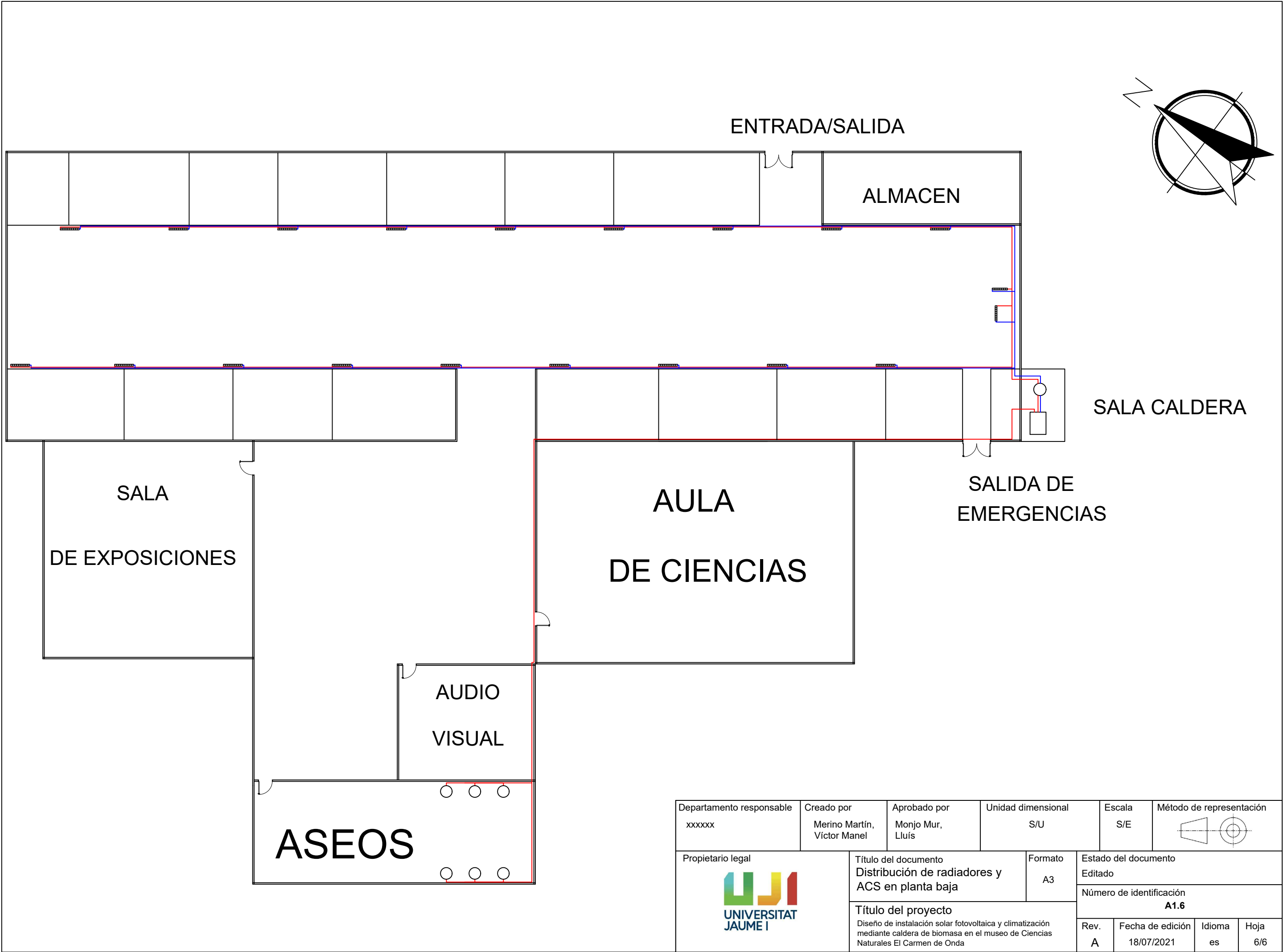



LEYENDA CONEXIÓN HIDRÁULICA

- VÁLVULA CARGA ANTICONDENSADOS
- VÁLVULA DE CORTE
- VÁLVULA DE RETENCIÓN
- VASO DE EXPANSIÓN
- BOMBA CIRCULACIÓN
- VÁLVULA DE SEGURIDAD
- VACIADO (VISIBLE)
- CRONOTERMOSTATO

Departamento responsable xxxxxx	Creado por Merino Martín, Víctor Manel	Aprobado por Monjo Mur, Lluís	Unidad dimensional S/U	Escala S/E	Método de representación 		
<div>Propietario legal</div> <div></div>		Título del documento Esquema conexión instalación caldera biomasa	Formato A3	Estado del documento Editado			
		Título del proyecto Diseño de instalación solar fotovoltaica y climatización mediante caldera de biomasa en el museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda		Número de identificación A1.5			
				Rev. A	Fecha de edición 17/07/2021	Idioma es	Hoja 5/6

4.6. Plano de Distribución de radiadores y ACS en planta baja



Departamento responsable xxxxxx	Creado por Merino Martín, Víctor Manel	Aprobado por Monjo Mur, Lluís	Unidad dimensional S/U	Escala S/E	Método de representación 			
<div>Propietario legal</div> <div> UNIVERSITAT JAUME I</div>		Título del documento Distribución de radiadores y ACS en planta baja		Formato A3	Estado del documento Editado			
		Título del proyecto Diseño de instalación solar fotovoltaica y climatización mediante caldera de biomasa en el museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda		Número de identificación A1.6				
				Rev. A	Fecha de edición 18/07/2021	Idioma es	Hoja 6/6	

V. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

5.1. Objeto	159
5.2. Ámbito.....	159
5.3. Contrato de obra	159
5.4. Jurisdicción competente	159
5.5. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista	159
5.6. Seguridad y salud.....	159
5.7. Condiciones y calidades de materiales y equipos.....	160
5.7.1. Módulos fotovoltaicos	160
5.7.2. Inversor.....	160
5.7.3. Estructuras soporte	160
5.7.4. Protecciones eléctricas.....	161
5.7.5. Cableado	161
5.7.6. Puesta a tierra	161
5.7.7. Caldera de biomasa	161
5.8. Transporte del material a obra.....	162
5.9. Puesta en marcha	162
5.10. Garantía	163
5.11. Mantenimiento.....	163

5.1. Objeto

El propósito del presente apartado del proyecto es establecer las condiciones técnicas mínimas exigibles para la realización y puesta en marcha del presente proyecto de instalación solar fotovoltaica y sustitución de caldera de gasoil por una de biomasa en el Museo de Ciencias Naturales El Carmen de Onda.

5.2. Ámbito

El ámbito de aplicación del presente Pliego de Condiciones se refiere al suministro, instalación, pruebas, mantenimiento y verificaciones de los materiales necesarios para desarrollar las instalaciones que son objeto del proyecto.

5.3. Contrato de obra

Se recomienda un contrato tipo llave en mano, esto es, el contratista se compromete a la ejecución total de la obra dejando así la instalación en perfecto funcionamiento una vez finalizada con arreglo a los documentos del presente proyecto.

5.4. Jurisdicción competente

En el supuesto caso de no alcanzar un acuerdo cuando entre las partes surjan diferencias, ambas partes quedan mandatadas a exponer la discusión de todas las cuestiones derivadas del contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

5.5. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista

En cuanto a las obras, estas se ejecutarán basándose en el presente proyecto que sirve de base para el contrato y en conformidad con las instrucciones de la dirección de obra que el contratista confiera.

La responsabilidad de la ejecución total de la obra y todos los desperfectos que esta conlleve recaen sobre el contratista dentro del periodo de garantía estipulado presente en el contrato de obra. Por ello, en el caso de mala ejecución o deficiencias en la instalación, el contratista queda obligado a reconstruir las partes de la instalación defectuosas sin que sirva de excusa el hecho de haber revisado con anterioridad la instalación y su funcionamiento correcto por parte de la dirección de obra.

5.6. Seguridad y salud

La normativa vigente en Seguridad y Salud será de obligado cumplimiento, esto es, el “Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción” así como otras normas vigentes.

Se designará un Coordinador de Seguridad y Salud por parte del contratista para que realice el seguimiento de la ejecución de la obra y que todas las normas mencionadas se cumplan.

5.7. Condiciones y calidades de materiales y equipos

La calidad de los materiales utilizados en esta obra deberá cumplir la “Norma Técnica para instalaciones de Media y Baja Tensión. Criterios Técnicos de Ejecución” (DOGV núm. 1760 de 07/04/1992).

Se asegurará por parte del contratista que los materiales utilizados sean de primeras calidades en conformidad con el presente documento. En cuanto a cambios o modificaciones en los materiales proyectados deberán ser notificados a la Dirección de Obra y aprobados por la misma.

Los materiales y equipos utilizados deberán contener el marcado CE.

5.7.1. Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos deberán satisfacer la norma UNE-EN 61215 y además deberán contar con un certificado oficial de un laboratorio reconocido que acredite el cumplimiento de dicha norma.

En cada módulo debe ser visible una etiqueta que incluya la marca y modelo, así como el número de serie con el que identificar la fecha de fabricación.

Los módulos contarán con diodos de derivación para evitar posibles averías de las células de silicio cristalino y deberán contar con una protección de grado IP65.

Se descartarán módulos con desperfectos físicos y de funcionamiento. La potencia máxima y la corriente de cortocircuito reales pueden tener un margen de error del 5% a los especificados en la ficha de datos del fabricante.

5.7.2. Inversor

El inversor deberá contar con un rango amplio de valor de entrada de potencia para maximizar la entrada del generador fotovoltaico.

Deberá cumplir en todo momento las normativas aplicables, certificadas por el fabricante.

Las protecciones asignadas en la memoria de este proyecto deberán garantizar el buen funcionamiento del inversor, así como la protección del mismo.

5.7.3. Estructuras soporte

Las estructuras utilizadas para sujetar los módulos fotovoltaicos deberán asegurar la inmovilización de estos, así como la resistencia a agentes meteorológicos externos como son la lluvia, la nieve y el viento, garantizando así el cumplimiento de la norma vigente, en este caso del Código Técnico de la Edificación.

Los materiales deberán ser acero galvanizado o aluminio y los bloques y elementos para garantizar la sujeción de los módulos no deberán generar sombras a los mismos.

5.7.4. Protecciones eléctricas

Los elementos de protección eléctrica utilizados en el presente proyecto deberán cumplir con lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y en el Real Decreto 1663/2000.

5.7.5. Cableado

Los conductores eléctricos deben ser de cobre y garantizarán una caída de tensión inferior a 1,5% para alterna y 0,5% en continua y un calentamiento nulo de los mismos.

Además, cumplirán lo dispuesto en las normas vigentes, como se detalla en el documento de la Memoria de este proyecto.

5.7.5.1. Identificación del cableado

Los conductores de toda la instalación deberán estar correctamente identificados para facilitar una correcta instalación y un buen mantenimiento o mejora futura de la instalación.

En cuanto al código de colores se diferenciará entre el tramo de corriente continua y el de alterna. El tramo de corriente continua estará formado por un cable rojo (positivo) y negro (negativo). Se etiquetará al final de cada conductor el string al que pertenece.

El código de colores utilizado para los conductores de corriente alterna será gris, marrón y negro para cada una de las fases y azul para el neutro. En caso de ser un único cable multipolar libre de halógenos, este será verde tal y como se comercializa.

Los conductores de puesta a tierra deberán ser de color verde y amarillo.

5.7.6. Puesta a tierra

Para la puesta a tierra se habrá de cumplir con lo expuesto en el artículo 11 del Real Decreto 1663/2000 sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas en baja tensión.

La totalidad de las masas metálicas presentes en la instalación han de estar conectadas a una única puesta a tierra, la cual será diferente al neutro de la red de distribución tal y como está dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

5.7.7. Caldera de biomasa

La caldera de biomasa deberá contener el certificado CE y además cumplir con la normativa vigente en cuanto a calidad y eficiencia energética establecido en el RITE.

5.8. Transporte del material a obra

El transporte de los materiales y herramientas necesarias para la ejecución de la obra tendrá que garantizar la seguridad del propio material y las personas. Será responsabilidad del contratista asegurar la correcta carga, transporte y descarga del material que en caso de resultar dañado en el proceso tendrá que ser repuesto con cargo al contratista o si es subcontratado al transportista.

5.9. Puesta en marcha

Una vez finalizada la instalación se procederá a un chequeo por parte del instalador o contratista de todas y cada una de las partes de la instalación (incluyendo estructura, módulos, cableado y protecciones). En especial se revisará con insistencia que los elementos principales cuenten con un correcto conexionado entre ellos.

Será de obligado cumplimiento tras la puesta en marcha y la configuración de los equipos como el aparato de vertido cero y el inversor, realizar mediciones de todos los equipos importantes de la instalación, esto es:

- Tensión y corriente en cada string
- Tensión y corriente a la salida del inversor

Además de las mediciones, se aplicarán marchas y paros a los elementos de protección para comprobar su funcionalidad.

En el caso de la instalación de caldera de biomasa, el instalador se compromete a realizar la puesta en marcha de la caldera, así como de la comprobación del buen funcionamiento de la instalación en general y en concreto de elementos como:

- Bomba recirculadora
- Válvulas de corte y de seguridad
- Manómetros

El contratista se comprometerá a dejar los alrededores de la instalación y las zonas de trabajo limpias, así como a retirar todo el desecho o residuos generados al punto verde más cercano.

El contratista deberá entregar un acta de puesta en marcha al cliente en la que se detalle a través de una check list, todas las comprobaciones realizadas tras la puesta en marcha, así como trabajos realizados antes de abandonar la zona de trabajo y finalizar la obra. Esta acta deberá estar firmada por el contratista o instalador y por el cliente, quedándose este último con una copia del documento.

5.10. Garantía

La instalación completa estará protegida bajo una garantía completa sobre todos los elementos de la propia instalación de 3 años garantizada por el instalador. Además, los módulos fotovoltaicos y el inversor cuentan con garantía del fabricante de 10 años y 5 años, respectivamente.

El fabricante de inversores ofrece la posibilidad de aumentar esa garantía de 5 años previo pago.

En cuanto a la caldera de biomasa, el fabricante ofrece una garantía de 5 años.

5.11. Mantenimiento

La empresa instaladora queda obligada a ofrecer un contrato de mantenimiento de las instalaciones al cliente, el cual puede aceptar o rechazar.

Los detalles de dicho contrato conciernen a la empresa instaladora, pero deberá contar tanto con mantenimiento preventivo como correctivo en caso de fallo de la instalación.

En el caso de la instalación de caldera de biomasa, la empresa instaladora debe basarse en lo establecido en el RITE en cuanto a mantenimiento de calderas de este estilo.

Operación	Periodicidad	
	≤ 70 kW	> 70 kW
Revisión de los datos de timbrado de la caldera	t	t
Medición del pH del agua de la caldera	t	t
Verificación de la válvula de seguridad	t	t
Revisión del vaso de expansión	t	t
Revisión de los sistemas de tratamiento de agua (si procede)	t	t
Comprobación del material refractario (si procede)		2t
Comprobación de presión de agua en circuitos y en la caldera	t	m
Comprobación de estanqueidad de circuitos de tuberías y en el hogar	--	t
Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	t	t
Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	t	t
Verificación de estado, disponibilidad y timbrado de elementos de prevención de incendios	t	t
Revisión del estado del aislamiento térmico	t	t
Revisión del sistema de control automático de encendido y apagado	t	2t
Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido (por el usuario)	s	m
Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido (por el usuario)	t	t
Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido (por el usuario)	m	m
Control visual de la caldera de biomasa (por el usuario)	s	m
Comprobación y limpieza, si procede, de la cámara de combustión, conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa	t	2t
Comprobación de reglaje y actuación del termostato de trabajo	t	t
Comprobación de reglaje y actuación de la seguridad por temperatura	t	m
Verificación del sistema de ignición del biocombustible	t	t
Verificación del extractor de gases de la combustión	t	t
Verificación de actuación de los circuitos de seguridad y enclavamiento	t	t
Limpieza de la cúpula de postcombustión	t	m
Control de piezas de desgaste (cuando proceda) o por indicaciones del fabricante	t	m
Control de las placas de empuje (cuando proceda)	t	m
Controlar las instalaciones de seguridad contra el retroceso de la combustión (cuando proceda)	t	m
Controlar la limpieza de los remanentes de la combustión	t	m
Limpieza y control de la tapa de seguridad contra el retroceso de la combustión	t	m
Lubricar todos los rodamientos y cadenas	t	m
Medición de los gases de combustión y creación de un acta de medición (a partir del 01.10.2006)	t	m
Limpieza y comprobación de la junta de estanqueidad de la puerta	t	m
Limpieza y comprobación del sinfín de alimentación del biocombustible y de extracción de ceniza	t	m
Limpieza y comprobación del estado del cableado y de los sensores	t	m
Verificación y apriete de las conexiones eléctricas	t	t
Verificación y ajuste de la protección térmica del motor del ventilador	t	t
Verificación de las conexiones de la puesta a tierra de la caldera y de los sistemas eléctricos para el transporte del biocombustible	t	t
Verificación de los pilotos de señalización y sustitución si procede	t	t
Verificación de interruptores, contactores, relés y protecciones eléctricas	t	t
Verificación del estado y funcionamiento de la ventilación de la sala de calderas	t	t

s: una vez cada semana; m: una vez al mes, la primera al inicio de la temporada

t: una vez por temporada (año); 2t: dos veces por temporada (año), una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de dos meses entre ambas

Figura 5.1: Tabla de mantenimiento correctivo para calderas biomasa según potencia (Fuente: RITE)

Además del programa de mantenimiento preventivo, el RITE establece un programa de gestión energética (IT 3.4.1) donde la empresa mantenedora autorizada realizará un análisis y evaluación periódica del rendimiento de los equipos generadores de calor en función de su potencia térmica nominal instalada.

Medidas de generadores de calor	Periodicidad		
	$20 \text{ kW} < P \leq 70 \text{ kW}$	$70 \text{ kW} < P \leq 1.000 \text{ kW}$	$P > 1.000 \text{ kW}$
Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	2a	3m	m
Temperatura ambiente local o sala de máquinas	2a	3m	m
Temperatura de los gases de combustión	2a	3m	m
Contenido de CO y CO ₂ en los productos de combustión	2a	3m	m
Índice de opacidad de los humos combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles sólidos	2a	3m	m
Tiro en la caja de humos de la caldera	2a	3m	m

m: una vez al mes, la primera al inicio de la temporada
3m: cada tres meses, la primera al inicio de la temporada
2a: cada dos años

Figura 5.2: Tabla de programa de gestión energética (Fuente: RITE)

Por último, la caldera de biomasa estará sujeta a inspecciones periódicas de eficiencia energética, como establece la IT 4.1.

Potencia térmica nominal (kW)	Períodos de inspección
$20 \leq P \leq 70$	Cada 5 años
$P > 70$	Cada 4 años

Figura 5.3: Tabla de periodicidad de inspecciones según potencia nominal (Fuente: RITE)

VI. PRESUPUESTO

ÍNDICE PRESUPUESTO

6.1. Presupuesto instalación fotovoltaica	171
6.1.1. Presupuesto de ejecución material.....	171
6.1.2. Presupuesto total.....	173
6.2. Presupuesto instalación caldera biomasa	174
6.2.1. Presupuesto ejecución material	174
6.2.2. Presupuesto total.....	176

6.1. Presupuesto instalación fotovoltaica

6.1.1. Presupuesto de ejecución material

Capítulo	Uds.	Descripción	Precio unidad	Importe
01		ESTRUCTURA SOPORTE		
01.1	2	Estructura completa 30° para módulos de 165x100cm sobre suelo (Presores laterales y centrales y guías incluidas)	314,00 €	628,00 €
01.2	40	Tornillería de anclaje de acero inox. AISI 304	0,40 €	16 €
		TOTAL CAPÍTULO 01		644,00 €
02		MÓDULOS FOTOVOLTAICOS		
02.1	22	München Solar Multikristalin MSP250AS-30	141,35 €	3.109,70 €
		TOTAL CAPÍTULO 02		3.109,70 €
03		EQUIPOS DE PRODUCCIÓN		
03.1	1	Inversor Híbrido Symo Hybrid 5.0-3S	1895,85 €	1.895,85 €
03.2	1	Inyección cero: Solar-Log™ 300 meter. Incluye contador eléctrico integrado para medición	297,55 €	297,55 €
03.3	3	Pinza CT 100A-o para Solar-Log™ Meter - Pinza anillo abierto 100A	18,70 €	56,10 €
03.4	1	Contador KWh homologado para Iberdrola, Viesgo. PLC y PRIME	149,05 €	149,05 €
		TOTAL CAPÍTULO 03		2.398,55 €
04		LINEAS ELÉCTRICAS		

PRESUPUESTO

04.1	1	Cable set SolarLog™ - Fronius	15,95 €	15,95 €
04.2	20	Cable continua 1x6mm ² ZZ-F(AS)	0,67 €	13,31 €
04.3	20	Cable continua 2x10mm ² RV-K 0,6/1 kV XLPE	1,67 €	33,33 €
04.4	60	Cable alterna 3Fx10mm ² + 1Nx10 mm ² RZ1-K 0,6/1 kV XLPE	2,22 €	132,99 €
04.5	60	Cable tierra 1x10mm ² verde-amarillo	0,59 €	35,31 €
04.6	2	Interruptor automático magnetotérmico bipolar tarado a 16A	3,62 €	7,25 €
04.7	1	Interruptor automático magnetotérmico tetrapolar. Curva C. Tarado a 16A	49,40 €	49,40 €
04.8	1	Interruptor automático diferencial tetrapolar. Intensidad nominal 25A. Sensibilidad 30mA	70,95 €	70,95 €
04.9	22	Conectores MC-4	0,92 €	20,21 €
04.10	50	Terminales y punteras para cableado	0,03 €	1,50 €
		TOTAL CAPÍTULO 04		380,19 €
05		SEGURIDAD Y SALUD		
05.1	2	Zapatos de seguridad	24,00 €	48,00 €
05.2	2	Guantes	6,00 €	12,00 €
05.3	2	Chaleco reflectante	6,00 €	12,00 €
05.4	2	Casco de protección	12,00 €	24,00 €
05.5	2	Gafas de protección	12,00 €	24,00 €
05.6	1	Botiquín	22,00€	22,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 05		142,00 €

PRESUPUESTO

06		CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE		
06.1	35	Mano de obra oficial 1ª electricista	28,00 €	980,00 €
06.2	35	Mano de obra oficial 2ª electricista	18,00 €	630,00 €
06.3	6	Dietas	5,00 €	30,00 €
06.4	200	Desplazamientos	0,26 €	52,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 06		1.692,00 €
		TOTAL PEM		
		PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIALES		8.366,44 €

Tabla 6.1: Presupuesto de ejecución de materiales desglosado

El presupuesto de Ejecución Material (PEM) asciende a **OCHO MIL TRES CIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS**.

6.1.2. Presupuesto total

Descripción	Importe
Capítulo 01: ESTRUCTURA SOPORTE	644,00 €
Capítulo 02: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	3.109,70 €
Capítulo 03: EQUIPOS DE PRODUCCIÓN	2.398,55 €
Capítulo 04: LÍNEAS ELÉCTRICAS	380,19 €
Capítulo 05: SEGURIDAD Y SALUD	142,00 €
Capítulo 06: CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	1.692,00 €
TOTAL PEM (PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIALES)	8.366,44 €
12% GASTOS FIJOS, GESTIÓN Y LEGLIZACIÓN	1.003,97 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	501,98 €

PRESUPUESTO

TOTAL PEC	9.872,40 €
(PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA)	
7% INGENIERÍA	691,06 €
TOTAL	10.563,45 €
21% IVA	2.218,32 €
TOTAL (IVA incluido)	12.781,77 €

Tabla 6.2: Presupuesto total de ejecución del proyecto

El presupuesto total de ejecución del proyecto de instalación fotovoltaica asciende a **DOCE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y UN EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS**.

6.2. Presupuesto instalación caldera biomasa

6.2.1. Presupuesto ejecución material

Capítulo	Uds.	Descripción	Precio unidad	Importe
1		CALDERA BIOMASA		
01.1	1	Caldera policombustible PELLETECH MULTIAUTO pellet 38-60kW (Incorpora kit hidráulico compuesto por purgador, manómetro y válvula de seguridad)	7.359,10 €	7.359,10 €
		TOTAL CAPÍTULO 01		7.359,10 €
2		ELEMENTOS INSTALACIÓN BIOMASA		
02.1	1	Bomba circuladora electrónica DAB EVOTRON 80/180	178,75 €	178,75 €
02.2	1	Válvula de carga anticondensados LK823 1" 45°C	50,12 €	50,12 €
02.3	1	Aislamiento para válvula de carga anticondensados LK823	9,17 €	9,17 €
02.4	1	Vaso expansión calefacción ELBI ERCE 100	128,70 €	128,70 €
02.5	1	Conjunto de válvulas para bomba de recirculación (incluye válvula de retención)	26,00 €	26,00 €

PRESUPUESTO

02.6	1	Acumulador de inercia VALINOX INR 1000lts 6 bar (Cloth)	874,50 €	874,50 €
02.7	1	Termostato digital mural frío-calor ELIWELL WM 961 + sonda	54,00 €	54,00 €
02.8	1	Válvula de seguridad LK514 ½"x15mm 3 bar	8,96 €	8,96 €
02.9	1	Cronotermostato inalámbrico	68,95 €	68,95 €
		TOTAL CAPÍTULO 02		1.399,15 €
3		EXTRACCIÓN DE HUMOS		
03.1	1	Adaptador a caldera de 100mm	14,40 €	14,40 €
03.2	1	Te 90° de Ø100/150mm	61,65 €	61,65 €
03.3	1	Módulo recto de 500 mm Ø100/150 doble pared	28,35 €	28,35 €
03.4	3	Módulo recto 1000 mm Ø100/150mm doble pared	117,45 €	352,35 €
03.5	3	Abrazadera de fijación pared regulable 50-75mm Ø100/150mm	28,35 €	85,05 €
03.6	1	Terminal antilluvia de Ø100/150mm	25,20 €	25,20 €
		TOTAL CAPÍTULO 03		567,00 €
4		SEGURIDAD Y SALUD		
04.1	2	Zapatos de seguridad	24,00 €	48,00 €
04.2	2	Guantes	6,00 €	12,00 €
04.3	2	Chaleco reflectante	6,00 €	12,00 €
04.4	2	Casco de protección	12,00 €	24,00 €
04.5	2	Gafas de protección	12,00 €	24,00 €
04.6	1	Botiquín	22,00 €	22,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 04		142,00 €
5		CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE		
05.1	24	Mano de obra oficial 1ª	20,00 €	480,00 €
05.2	24	Mano de obra oficial 2ª	18,00 €	432,00 €
05.3	4	Dietas	5,00 €	20,00 €
05.4	200	Desplazamientos	0,26 €	52,00 €
		TOTAL CAPÍTULO 05		984,00 €
		TOTAL PEM PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIALES		10.451,25 €

Tabla 6.3: Presupuesto de ejecución de materiales instalación caldera biomasa desglosado

PRESUPUESTO

El presupuesto de Ejecución Material (PEM) asciende a **DIEZ MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS CON VEINTICINCO CENTIMOS**.

6.2.2. Presupuesto total

Descripción	Importe
Capítulo 01: CALDERA BIOMASA	7.359,10 €
Capítulo 02: ELEMENTOS INSTALACIÓN BIOMASA	1.399,15 €
Capítulo 03: EXTRACCIÓN DE HUMOS	567,00 €
Capítulo 04: SEGURIDAD Y SALUD	142,00 €
Capítulo 05: CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	984,00 €
TOTAL PEM	10.451,25 €
(PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIALES)	
12% GASTOS FIJOS, GESTIÓN Y LEGLIZACIÓN	1.254,15 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	627,08 €
TOTAL PEC	12.332,48 €
(PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA)	
7% INGENIERÍA	863,27 €
TOTAL	13.195,75 €
21% IVA	2.771,11 €
TOTAL (IVA incluido)	15.966,86 €

Tabla 6.4: Presupuesto total de ejecución de la instalación de caldera de biomasa

El presupuesto total de ejecución del proyecto de instalación de caldera de biomasa asciende a **QUINCE MIL NOVECIENTOS SESENTA Y SEIS EUROS CON OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS**.